



Всероссийская научная конференция

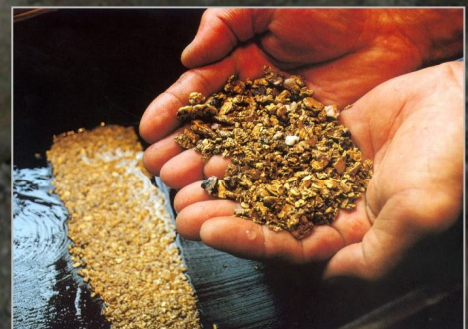
**РУДООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ:
ОТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ
К ПРОГНОЗУ И ОТКРЫТИЮ НОВЫХ
РУДНЫХ ПРОВИНЦИЙ И
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**К 100-летию со дня рождения
академика Николая Алексеевича Шило
(1913-2008)**

**29 октября – 1 ноября 2013 г.
Москва, ИГЕМ РАН**



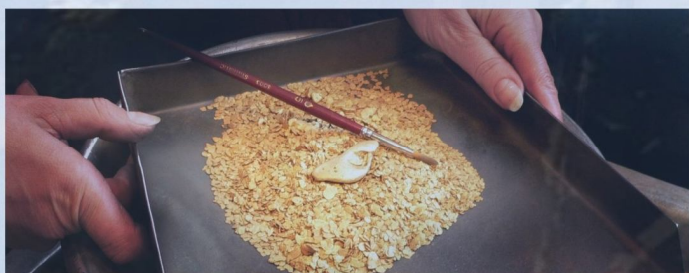
ГЕОИНВЕСТПРОЕКТ





ГЕОЛИНВЕСТПРОЕКТ

ГЕОЛ ИНВЕСТ ПРОЕКТ



ООО «Геоинвестпроект» является ведущей компанией по предоставлению геологических услуг в сфере россыпной золотодобычи.



Наши услуги:



Проектирование и проведение геологоразведочных работ на россыпное золото

Подсчет запасов, разработка ТЭО кондиций и проектов отработки

Геолого-экономическая оценка объектов недропользования

Составление программы оценки фона и экологический мониторинг

Защита материалов в ГКЗ, ТКЗ, ЦКР, РОСГЕОЛЭКСПЕРТИЗЕ



ISBN 978-5-88918-036-4



9 785889 180364

129344, г. Москва, Енисейская улица, д.7, к.3, офис 6
Тел/Факс: +7 (499) 941 - 08 - 54 | Тел: +7 (495) 227 - 94 - 93
E-mail: info@geolinpro.ru | www.geolinvestproekt.ru

Российская академия наук
Межведомственный комитет по рудообразованию
Отделения наук о Земле РАН
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН
Российский фонд фундаментальных исследований
Международная ассоциация по генезису рудных месторождений
(МАГРМ-IAGOD)
Российское минералогическое общество, Московское отделение

Материалы Всероссийской конференции,
посвященной 100-летию со дня рождения
академика Николая Алексеевича Шило (1913–2008)

**«Рудообразующие процессы: от генетических
концепций к прогнозу и открытию новых рудных
провинций и месторождений»**

Москва, ИГЕМ РАН, 29 октября – 1 ноября 2013

Материалы **Всероссийской конференции (с международным участием) «Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений»**, посвященной 100-летию со дня рождения академика Николая Алексеевича Шило (1913–2008).

Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, 2013. 261 стр.

Редколлегия: Борисенко А.С., Волков А.В., Горячев Н.А., Коваленкер В.А., Лаломов А.В., Петров В.А., Плотинская О.Ю., Шумилов Ю.В., Ярмолюк В.В.

Компьютерная верстка: Чефранов Р.М.

В сборнике представлены материалы докладов Всероссийской конференции (с международным участием) «Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений», которая проходила с 29 октября по 1 ноября 2013 г. в Москве, в ИГЕМ РАН. Конференция посвящена 100-летию со дня рождения академика Николая Алексеевича Шило (1913–2008). В докладах, представленных на Конференции, отражены новейшие результаты исследований по следующим направлениям: 1) Металлогенические провинции, рудные поля и месторождения как продукты эволюции литосферы и мантии Земли, 2) Рудообразующие процессы в конвергентных и внутриплитных обстановках: главные результаты и уроки исследований металлогении и рудных месторождений Дальнего Востока России, 3) Условия зарождения минералообразующих систем, динамика развития, механизмы переноса и причины концентрирования рудных компонентов, 4) Геология, условия формирования, новые генетические и промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, модели образования и комплексное изучение россыпных месторождений. Материалы сборника распределены по указанным четырем направлениям (секциям) в алфавитном порядке. Текст публикуется в авторской редакции с минимальными изменениями редакционного характера. Материалы представляют интерес для широкого круга геологов и минералогов, а также студентов геологических ВУЗов.

Проведение конференции и публикация материалов поддержаны:

Грантом РФФИ № 13-05-06093-а

Программой ОНЗ РАН

Российским минералогическим обществом

Компанией Геоинвестпроект

Компанией Деалтек

Компанией Техноинфо Лтд.

ISBN 978-5-88918-036-4

©Коллектив авторов, ИГЕМ РАН

ИГЕМ РАН, 2013

Содержание

| | |
|---|-----------|
| Секция 1. Минерагенические провинции | 14 |
| Ахунджанов Р., Зенкова С.О., Каримова Ф.Б. Металлогеническая специализация магматических ассоциаций Узбекистана..... | 15 |
| Богатиков О.А., Докучаев А.Я., Гурбанов А.Г., Газеев В.М., Курчавов А.М., Лексин А.Б. Неогеновые рудно-магматические системы северной части Транскавказской металлогенической провинции..... | 16 |
| Бойко Н.И. О роли органогенных построек в формировании Мезмайского рудного поля (Северный Кавказ)..... | 17 |
| Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В., Карпов С.М., Чернявский А.В. Кольский регион – перспективная золото-серебряная металлогеническая провинция..... | 18 |
| Выхристенко Р.И. Условия локализации эндогенных месторождений золота, железа и меди Турьинско-Ауэрбаховского рудного района на Северном Урале..... | 19 |
| Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Докучаев А.Я., Борисовский С.Е. Золотоносность раннеюрских вулканитов активной окраины Скифской плиты..... | 20 |
| Гаршин И.К. Глобальная сеть золотоносных узлов..... | 21 |
| Гонгальский Б.И. Концепция формирования железо-окисно-медных с благородными и редкими металлами месторождений в осадочных и магматических породах Удокан-Чинейского рудного района..... | 22 |
| Гурбанов А.Г., Газеев В.М., Докучаев А.Я., Голубев В.Н., Лексин А.Б. Проблема генезиса Au–W–As–полиметаллического оруденения в базитах-ультрабазитах фиагдонского комплекса..... | 23 |
| Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л. Новая провинция – малые тела никеленосных мафит-ультрамафитов Пристанового коллизионного пояса (Алдано-Становой щит) | 24 |
| Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л. Редкие и благородные металлы Улканского рудного района (юго-восток Сибирской платформы): состояние и проблемы изучения, новые данные..... | 25 |
| Добрецов Н.Л., Борисенко А.С., Жмодик С.М., Изох А.Э. Термохимическая модель мантийных плюмов, неопротерозойские, ранне- и поздне-палеозойские крупные изверженные провинции и связанное с ними благородно- и редкометальное оруденение..... | 26 |
| Друщиц В.А., Садчикова Т.А., Петрова В.В., Чамов Н.П. Редкоземельные элементы в кайнозойских отложениях о. Фаддевский (Новосибирские о-ва) | 27 |
| Дьячков Б.А., Майорова Н.П., Кузьмина О.Н. Рудообразующие процессы и основные критерии прогноза месторождений Большого Алтая..... | 28 |
| Енгальчев С.Ю. Многоуровневые урановые районы в осадочных комплексах европейской части России и их значение для металлогенического анализа платформенных областей..... | 29 |
| Епифанов В.А., Родин Р.С. Модель образования кимберлитов и углеводородов при пульсациях дегазирующей Земли..... | 30 |
| Жмодик С.М., Миронов А.Г., Росляков Н.А., Карманов Н.С., Белянин Д.К., Айриянц Е.В., Миронов А.А., Дамдинов Б.Б., Очиров Ю.Ч. Золото-урановое оруденение Западного Забайкалья..... | 31 |
| Задорожный Д.Н. Перспективы освоения и развития Верхоянской сереборудной провинции..... | 32 |
| Зинчук Н.Н. Геолого-генетические типы коренных месторождений алмазов..... | 33 |
| Зинчук Н.Н. Типоморфизм алмазов как критерий прогнозирования поисковых объектов..... | 34 |

| | |
|--|----|
| Злобина Т.М. Методологический подход к исследованию структурно-динамических систем, развивавшихся над плюмом..... | 35 |
| Злобина Т.М., Мурашов К.Ю. Моделирование структурно-динамических условий локализации жильного золоторудного месторождения с использованием компьютерных 3D-технологий..... | 36 |
| Иванова Ю.Н. К вопросу о прогнозировании золоторудной минерализации на основе анализа многомерных структур разнородных поисковых признаков на территории Полярного Урала..... | 37 |
| Иващенко В.И. Золотоносность Койкарско-Выгозерской сдвиговой зоны Карельского кратона (Фенноскандинавский щит) | 38 |
| Калинин Ю.А., Ковалев К.Р., Наумов Е.А., Мягкая М.К. Сурьмяная минерализация на золоторудных месторождениях Восточного Казахстана..... | 39 |
| Кассандров Э.Г. Рудные узлы как продукты взаимодействия тектонических, магматических, седиментационных и метасоматических процессов..... | 40 |
| Кига́й И.Н. Зависимость металлогенического профиля надсубдукционных зон от угла погружения слэба..... | 41 |
| Колдаев А.А. Концепция строения латеритной коры выветривания, прогноз и открытие новых рудных провинций..... | 42 |
| Конеев Р.И., Халматов Р.А. Крупные золоторудные месторождения Узбекистана: минерально-геохимический стиль и закономерности формирования..... | 43 |
| Криволицкая Н.А. Норильские месторождения: основные проблемы геологии и генезис.... | 44 |
| Кузнецов С.К., Тарбаев М.Б., Майорова Т.П., Сокерина Н.В., Шайбеков Р.И. Золоторудные проявления западного склона Полярного и Приполярного Урала..... | 45 |
| Лоскутов И.Ю., Долгушин С.С. Особенности химизма хромитоносных гипербазитов Эргакского массива..... | 46 |
| Лыхин Д.А., Козловский А.М. Позднепалеозойская Восточно-Саянская редкометальная щелочно-гранитная металлогеническая зона..... | 47 |
| Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н. Эволюционная модель эндогенного уранового образования и перспективы выявления новых рудных районов..... | 48 |
| Мелентьев Г.Б., Самонов А.Е. Перспективы создания нового горнопромышленного кластера в Заполярье: уникальность Томтора и инфраструктурное обеспечение..... | 49 |
| Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б. Характерные особенности Восточно-Скандинавской металлогенической провинции..... | 50 |
| Наумов В.А., ЛеБарж Б. Геологический потенциал золота Пермского Края..... | 51 |
| Осовецкий Б.М., Наумов В.А. Золотоносность черносланцевых формаций Пермского Края..... | 52 |
| Печенкин И.Г. Связь металлогении урана с новейшими геодинамическими процессами в краевых частях Евразии..... | 53 |
| Поляков Г.В., Толстых Н.Д., Мехоношин А.С., Изох А.Э., Подлипский М.Ю., Орсоев Д.А., Колотилина Т.Б. Ультрамафит-мафитовые магматические комплексы и связанные с ними ЭПГ-Cu-Ni месторождения Восточно-Сибирской металлогенической провинции..... | 54 |
| Раткин В.В., Гвоздев В.И., Карась О.А. Сино-корейская бор-полиметаллическая металлогеническая провинция пассивных континентальных окраин..... | 55 |
| Сафонов Ю.Г. Геодинамические обстановки локализации и типоморфизм золоторудных месторождений..... | 56 |
| Сейтмуратова Э.Ю., Аршамов Я.К., Сайдашева Ф.Ф., Баратов Р.Т., Даутбеков Д.О. Медно-порфировое оруденение Акшатау-Коньыратского рудного района (Центральный Казахстан) | 57 |

| | |
|---|-----------|
| Степанов В.А. Платиноидно-медно-никелевые провинции в обрамлении Северо-Азиатского кратона..... | 58 |
| Чащин В.В. Рудоносность Умбинского эндербит-чарнокит-гранитного комплекса (Кольский полуостров, Россия) | 59 |
| Юричев А.Н. Металлогенический потенциал Канской глыбы Восточного Саяна..... | 60 |
| Юсупов Р.Г., Рафиков Я.М., Игамбердиев Э.Э. Келенчек-Ташсайское редкометалльно- и редкоземельное поле альбититов (Чаткало-Кураминская активная окраина, Узбекистан).... | 61 |
| Ярмолук В.В., Кузьмин М.И. Редкометальный магматизм Центральной Азии: эпохи, источники и обстановки формирования..... | 62 |
| Яценко Г.М., Бекеша С.Н., Гайовский О.В., Яценко И.Г. Флюидизатно-эксплозивные процессы и минерогения юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы..... | 63 |
| Секция 2. Месторождения Дальнего Востока России | 64 |
| Алексеев А.С. Особенности железного оруденения Омолонской провинции (Магаданская область) | 65 |
| Алексеев В.И., Марин Ю.Б. Рудно-магматические системы с литий-фтористыми гранитами Дальнего Востока России..... | 66 |
| Андреева Е.Д., Округин В.М. Золотая минерализация в островодужных системах Камчатки и Японии: возраст, источники и механизмы отложения..... | 67 |
| Анисимова Г.С., Кондратьева Л.А. Au-Ag эпitherмальное оруденение А-типа в Сетте-Дабанском палеорифте..... | 68 |
| Балашов Ф.В., Гореликова Н.В., Грибоедова И.Г. Типохимизм турмалина различных оловоносных ассоциаций Дальнего Востока..... | 69 |
| Баскина В.А. Щелочные комплексы Таухинского террейна, Приморье..... | 70 |
| Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Бучко Ир.В., Травин А.В. Хронология формирования рудных объектов в пределах Джугджуро-Станового супертеррейна (юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона)..... | 71 |
| Волков А.В., Сидоров А.А., Алексеев В.Ю. Перспективы открытия новых типов месторождений благородных металлов на северо-востоке России..... | 72 |
| Гамянин Г.Н., Горячев Н.А. Перспективность золотоносности оловорудных районов Северо-Востока России..... | 73 |
| Гетманская Т.И. Стратиформно-эпигенетические месторождения вольфрама Сихотэ-Алинской зоны (Дальний Восток) | 74 |
| Глухов А.Н., Колова, Е.Е. Физико-химические условия образования руд месторождения Надежда (Магаданская область) | 75 |
| Глухов А.Н., Колова, Е.Е., Савва Н.Е. Медно-порфиновые рудные системы мезозойских вулканогенных поясов северо-востока Азии – черты сходства и различия..... | 76 |
| Гоневчук В.Г., Бортников Н.С., Гореликова Н.В., Гоневчук Г.А., Коростелев П.Г., Семеняк Б.И. Оловянные месторождения континентальных окраин..... | 77 |
| Гореликова Н.В., Чижова И.А., Гоневчук В.Г. Сравнительный анализ оловоносных рудно-магматических систем Дальнего Востока логико-информационными методами..... | 78 |
| Горячев Н.А., Савва Н.Е., Колова Е.Е., Глухов А.Н., Михалицына Т.И., Малиновский М.А., Семышев Ф.И. Специфика раннемелового оруденения Охотско-Корякского пояса.... | 79 |
| Григоров С.А. Прошлое и будущее золотой Колымы..... | 80 |
| Дамдинова Л.Б. Минералого-геохимические особенности бериллиевых руд месторождения Снежное (Восточный Саян)..... | 81 |
| Иванов В.В., Леснов С.В., Гребенникова А.А., Зарубина Н.В. Новые возрастные датировки магматитов Болотистого рудно-россыпного поля (западный Сихотэ-Алинь)..... | 82 |

| | |
|---|------------|
| Имамендинова М.А. Геологическое строение золоторудного Верхне-Хакчанского месторождения (Магаданская область)..... | 83 |
| Карась О.А., Раткин В.В. Дальнегорское скарновое месторождение: эвалориты как источник бора боросиликатных руд (Сихотэ-Алинь)..... | 84 |
| Кириллов В.Е. Основные типы рудных формаций востока Алдано-Станового щита..... | 85 |
| Колесникова Н.Б. Редкие земли в шеелитах как типоморфный признак генетико-формационного типа руд..... | 86 |
| Колова Е.Е., Савва Н.Е., Цыганкова В.И. Условия формирования медно-порфирового месторождения Лора (Магаданская область)..... | 87 |
| Коростелев П.Г., Гоневчук В.Г., Бортников Н.С., Гореликова Н.В., Крылова Т.Л., Андреева И.А., Семеняк Б.И., Орехов А.А. Sn-REE грейзены Солнечного оловорудного месторождения (Комсомольский рудный район, Приамурье)..... | 88 |
| Кряжев С.Г., Двуреченская С.С., Уютов В.И. Условия формирования золоторудного месторождения Кекура..... | 89 |
| Михалицына Т.И. Петрохимическая характеристика рудовмещающих пород месторождения Дегдекан..... | 90 |
| Михалицына Т.И., Никитенко Е.М. Геохимические особенности Наталкинского золоторудного месторождения..... | 91 |
| Моисеенко Н.В., Сафронов П.П. Особенности сурьмяной минерализации золоторудного месторождения Пионер..... | 92 |
| Никитенко Е.М., Михалицына Т.И., Фомина М.И. Минералого-петрографическая характеристика рудовмещающих пород Наталкинского золоторудного месторождения..... | 93 |
| Никитенко Е.М., Соцкая О.Т. Исследование вещества Наталкинского золоторудного месторождения на приборе QEMSCAN..... | 94 |
| Николаев Ю.Н., Демин А.Д., Аплеталин А.В., Прокофьев В.Ю., Бакшеев И.А. Этапы рудообразования Верхне-Кричальского рудного узла, Западная Чукотка..... | 95 |
| Остапенко Н.С., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В. Токурское рудное поле восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса: возраст золоторудной минерализации и связь с магматизмом..... | 96 |
| Палымский Б.Ф., Горячев Н.А., Голубенко И.А., Лямин С.М. Сводная геологическая карта Магаданской области (масштаб 1:1000000)..... | 97 |
| Помазанский Б.С., Богуш И.Н., Бессмертный С.Ф., Ковальчук О.Е., Коптиль В.И. Алмазы из кимберлитовых тел Далдыно-Алакитского района..... | 98 |
| Радомский С.М., Радомская В.И. Платиновая минерализация на Покровском золотосеребряном месторождении Верхнего Приамурья..... | 99 |
| Руднев В.В., Митрофанов Н.П. Современное состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы вольфрама Дальневосточного региона РФ..... | 100 |
| Рогозин А.Н. Суперкальдера Карымшина (Южная Камчатка): новый взгляд на структурно-геологические позиции жил эпитермальных рудопроявлений района..... | 101 |
| Савва Н.Е., Анисимова Г.С., Кравцова Р.Г. Типоморфизм самородного золота геолого-промышленных типов золоторудных месторождений..... | 102 |
| Савва Н.Е., Рожков П.Ю., Бирюков А.А., Колова Е.Е. Отражение региональной металлогении в минералого-геохимической специализации Au-Ag руд месторождения Теплое (Магаданская область) | 103 |
| Середин В.В., Shifeng Dai. Золотоносность германий-угольных месторождений Дальнего Востока России и Китая..... | 104 |
| Скобельцин Е.В. Поисковые признаки серебряно-полиметаллического месторождения Нойон-Тологой, как способ воспроизведения процесса рудообразования (Восточное Забайкалье) | 105 |

| | |
|---|------------|
| Степнова Ю.А., Пахомова В.А. Формирование РМС Шибановского рудного узла (Дальний Восток, Россия) | 106 |
| Суплецов В.М. О реювенации рудоносности орогенных структур восточной Якутии..... | 107 |
| Сургай Г.Д., Имамендинов Б.Н. Особенности самородного золота рудопроявления Сургайское..... | 108 |
| Сушкин Л.Б. О золотоносности Хор-Аньюйского водораздела..... | 109 |
| Терехов А.В., Молчанов А.В., Шатов В.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований и перспективы обнаружения новых комплексных месторождений в пределах Эльконского золото-урановорудного узла (южная Якутия)..... | 110 |
| Уютнов В.И. Калиевые метасоматиты регионального типа – их роль и место в происхождении мезозойских рудоносных систем Алдано-Станового щита..... | 111 |
| Филимонова Л.Г. Минеральные типы гидротермальных изменений Дукатского рудного поля как составные части рудообразующих систем конвергентных и дивергентных плитовых границ..... | 112 |
| Фомина М.И. Типоморфные особенности самородного золота на Омолонском массиве..... | 113 |
| Ханчук А.И. Рудообразующие процессы в обстановке скольжения литосферных плит..... | 114 |
| Шатова Н.В. Петрография и геохимия щелочных интрузивных пород и метасоматитов Рябинового рудного поля (Южная Якутия)..... | 115 |
| Шевырев С.Л., Хомич В.Г., Борискина Н.Г., Шевырева М.Ж. Имидж рудоносных площадей Дальнего Востока России по материалам дистанционного зондирования..... | 116 |
| Юрченко Ю.Ю., Соколов С.В. Геохимические критерии локализации золотого оруденения в пределах Гонжинского рудного района (Верхнее Приамурье)..... | 117 |
| <u>Секция 3. Минералообразующие системы</u> | 118 |
| Абрамов Б.Н., Чернышова Н.Е. Дайки и золотое оруденение мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья..... | 119 |
| Азовскова О.Б., Баранников А.Г., Смагин И.В., Ровнушкин М.Ю. Полигенная природа окисленных руд Воронцовского золоторудного месторождения (Северный Урал)..... | 120 |
| Азовскова О.Б., Малюгин А.А. Критерии и признаки связи золотоносных рудных систем с постколлизийными активизационными процессами в крупных разломных структурах Урала..... | 121 |
| Бортников Н.С., Кряжев С.Г., Гоневчук В.Г., Гореликова Н.В., Рябченко В.М., Балашов Ф.В. Смещение магматогенных рассолов и метеорных флюидов в Высокогорском олово-порфировом месторождении, Приморье, Россия..... | 122 |
| Вазиров К.В., Малахов Ф.А. Особенности локализации рудных тел в сульфид- и сурьму-содержащих оловорудных месторождениях Таджикистана..... | 123 |
| Викентьев И.В. Условия минералообразования в колчеданных месторождениях Урала..... | 124 |
| Глаголев В.А., Шабанова Т.А. Природные капсулированные металлоуглеродные наночастицы..... | 125 |
| Голубев А.И., Иващенко В.И. Минералого-геохимические индикаторы и перспективы благороднометалльного рудогенеза в палеопротерозойских траппах Карелии..... | 126 |
| Дамдинов Б.Б. Геохимия метасоматических сульфидных руд в офиолитовых ультрабазах Восточного Саяна..... | 127 |
| Дунин-Барковская Э.А., Ким М.А. Типизация гидротермального золото-редкоземельного оруденения..... | 128 |
| Знаменский С.Е., Мичурин С.В., Анкушева Н.Н. Происхождение минералообразующих флюидов Орловского месторождения золота (Южный Урал)..... | 129 |

| | |
|---|-----|
| Игнатов П.А., Новиков К.В., Шмонов А.М., Разумов А.Н., Килижеков О.К., Ковальчук О.Е., Лисковая Л.В. Источники гидротермальных растворов, сопровождавших внедрение кимберлитов Накынского поля Якутии..... | 130 |
| Имамендинов Б.Н., Гусев И.М. Пириты золоторудного месторождения Дражное..... | 131 |
| Кайгородова Е.Н. Рудообразующая система эпитермального золото-серебряного месторождения Радужное (Северный Кавказ)..... | 132 |
| Керимов Р.Б. Об источниках металлов в колчеданных месторождениях южного склона Большого Кавказа..... | 133 |
| Ковалев С.Г., Ковалев С.С. Рудогенерирующий потенциал мезопротерозойского магматизма Южного Урала и востока Русской плиты..... | 134 |
| Коваленкер В.А., Акинфиев Н.Н., Киселева Г.Д., Крылова Т.Л. Модель концентрирования рудных металлов при формировании крупного золотоносного Бугдаинского Мо-порфирирового месторождения (Восточное Забайкалье, Россия): Результаты численного моделирования..... | 135 |
| Косовец Т.Н. Изотопный состав и вероятные источники серы докембрийских золоторудных месторождений..... | 136 |
| Котов А.А., Мурашев К.Ю. Типоморфические признаки золото-пиритовой и золото-пирит-арсенопиритовой рудных ассоциаций месторождения Вернинское, Бодайбинского рудного района..... | 137 |
| Кочкин Б.Т., Тарасов Н.Н., Нестерова М.В. Особенности пострудного процесса консервации экзогенно-эпигенетических месторождений урана Хиагдинского рудного поля, Витимский район, Бурятия..... | 138 |
| Кременецкий А.А. Нетрадиционные редкометалльные месторождения: генезис, прогноз, освоение..... | 139 |
| Кузьмин И.А. К вопросу о генезисе хромитовых руд..... | 140 |
| Кулешевич Л.В., Лавров О.Б. Au-pd-cu-se-и-минерализация рудопроявления Светлое, Карелия..... | 141 |
| Куликова В.В., Калинин Ю.К., Куликов В.С., Терновой А.Н. Золото в шунгитах..... | 142 |
| Лаптев Ю. В., Широнослова Г.П., Прокопьев И.Р. Спецификация состава сульфатно-сульфидно-хлоридных флюидов при параметрах высокотемпературного сульфидообразования (350–500°C) по данным компьютерного моделирования..... | 143 |
| Ляхов Ю.В., Павлунь Н.Н. Некоторые геолого-геохимические особенности процессов золотоконцентрации в метаморфогенно-гидротермальных и магматогенно-гидротермальных минералообразующих системах..... | 144 |
| Ляхов Ю.В., Павлунь Н.Н. Тренды развития минералообразующих палеогидротермальных систем молибден-вольфрамовых и золоторудных формаций..... | 145 |
| Мазуров М.П., Шихова А.В. Этапность и стадийность оксидных и сульфидных рудообразующих процессов в траппах западного сектора Сибирской платформы..... | 146 |
| Мальшев А.И. Термодинамический и молекулярно-химический подходы в геохимии рудогенеза..... | 147 |
| Марченко Л.Г., Комашко Л.В. О распределении микро- и наночастиц благородных металлов в сульфидах и углеродистом веществе..... | 148 |
| Мурзин В.В. О возможном генетическом единстве золотоносных родингитов и карбонатитоподобных пород в Карабашском массиве гипербазитов на Ю. Урале..... | 149 |
| Округин В.М. Теллур в рудах вулканогенных гидротермальных месторождений Камчатки.. | 150 |
| Округин В.М., Яблокова Д.А. О возможной гидротермальной природе сульфидных сферолитов золотоносных конгломератов Витватерсранда..... | 151 |
| Орлянкин В.Н. Роль нефти в рудообразовании..... | 152 |

| | |
|--|-----|
| Парада С.Г. Литогенетические рудоподготовительные системы в золотоносных терригенных комплексах..... | 153 |
| Петров В.А. Сейсмогеодинамика рудообразующих гидротермальных систем..... | 154 |
| Петровский М.Н., Савченко Е.Э. Эвдиалитовые фонолиты Контозерского карбонатитового палеовулкана – возможный исходный расплав для эвдиалитового комплекса Ловозерского массива..... | 155 |
| Плотинская О.Ю., Грабежев А.И., Зелтманн Р. Состав блеклых руд как элемент зональности порфирово-эпитеpmальных рудообразующих систем (на примере месторождения Биксизак, Ю. Урал)..... | 156 |
| Пилюгин С.М., Козлова Е.Н. Высокотемпературные магнетитовые кварциты Карело-Кольской железорудной провинции..... | 157 |
| Поцелуев А.А. Углеродистые вещества как индикаторы условий формирования гидротермальных урановых и редкометалльных месторождений..... | 158 |
| Прокофьев В.Ю., Наумов В.Б. Золотоносные рудообразующие флюиды докембрия..... | 159 |
| Прокофьева А.В., Гричук Д.В. Формы нахождения золота в эпитеpmальных рудообразующих флюидах..... | 160 |
| Рафаилович М.С. Ликвационно-флюидалные золото-сульфидно-кварцевые месторождения, ассоциирующие с малыми интрузивами и дайковыми комплексами..... | 161 |
| Рафаилович М.С., Шевчук С.И. Железооксидно-медно-золото-редкометалльный тип штокверкового оруденения в Казахстане..... | 162 |
| Редин Ю.О. Минералого-геохимические типы золоторудной минерализации на полиформационных месторождениях восточного Забайкалья..... | 163 |
| Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Королева Г.П., Кравченко О.В., Нуждаев А.А., Сергеева А.В., Соколов В.Н., Таусон В.Л., Чернов М.С., Щегольков Ю.В. Транспорт и концентрирование металлов в зоне гипергенеза геотермальных систем (Южная Камчатка)..... | 164 |
| Салихов В.С. К разработке генетического кода месторождений..... | 165 |
| Самонов А.Е., Мелентьев Г.Б. Техногенное минералообразование и его роль в техноэкологии. | 166 |
| Секисов А.Г., Манзырев Д.В. Цикличность твердофазной и жидкофазной миграции и кластеризации золота в зонах ТМА..... | 167 |
| Сендек С.В. Закономерности распределений золота в рудах месторождений преобразованных процессами метаморфизма..... | 168 |
| Стрельцова Н.И. Реконструкция состава рудообразующего раствора перед вскипанием... .. | 169 |
| Туресебеков А.Х., Рафиков Я.М., Баранова Т.Н., Сайитов С.С. Полиформационные, полихромные, высококомплексные медно-порфировые месторождения Срединного Тянь-Шаня (Узбекистан) | 170 |
| Удоратина О.В., Травин А.В., Вирус А. Редкоземельно-редкометалльные руды (Б. Туру-пья, Северный Урал): время формирования..... | 171 |
| Чевычелов В.Ю. Распределение галогенов (Cl и F) между магматическими расплавами и сложными водными флюидами по экспериментальным данным..... | 172 |
| Шарков Е.В., Чистяков А.В. Мончегорский расслоенный мафит-ультрамафитовый комплекс (Кольский полуостров, Россия): пример совмещения сингенетического и эпигенетического Cu-Ni-ЭПГ-оруденений..... | 173 |
| Шевкунов А.Г., Башкиров А.П. Условия зарождения минералообразующей системы и динамика её развития на примере месторождения Кумтор..... | 174 |
| Шуколюков Ю.А., Якубович О.В., Мочалов А.Г., Браунс М., Котов А.Б. Применение ¹⁹⁰ Pt- ⁴ He метода для определения возраста платиновой минерализации дунит-клинопироксенитовых и щелочно-ультраосновных комплексов..... | 175 |

| | |
|--|------------|
| Секция 4. Россыпные месторождения и россыпеобразующие формации | 176 |
| Абдумоминов Ш.А., Азизов А.М. Верхнеэоцен-нижнеолигоценовые прибрежно-морские (литоральные) нетрадиционные платинометалльные россыпи (Чаткало-Кураминская активная окраина) | 177 |
| Айриянц Е.В., Жмодик С.М., Белянин Д.К., Агафонов Л.В. Минералого-геохимические особенности платины вилкойского типа..... | 178 |
| Афанасьев В.П. Россыпная алмазонасность как отражение полигенности и полихронности алмазонасного магматизма Сибирской платформы..... | 179 |
| Ахманов Г.Г., Егорова И.П., Булаткина Т.А., Васильев Н.Г. Эльвиально-карстовые россыпи барита Хакасии..... | 180 |
| Бакшеев Н.А. Условия образования позднеплейстоценовых отложений в долинах рек Сибири и их золотоносность..... | 181 |
| Бочнева А.А. К вопросу о геостатистических методах исследования россыпей..... | 182 |
| Бутвиловский В.В. Развитие рельефа и коры выветривания..... | 183 |
| Виноградова О.В. Преобразование россыпей в процессе эволюции палеорусел погребенных долин..... | 184 |
| Воскресенский И.С. Эрозионно-денудационный вырез и россыпеобразование западной части Эфиопского Нагорья..... | 185 |
| Гайфутдинова А.М., Воронцова Н.И., Пилюгин А.Г., Лазаренков В.Г., Степанов С.Ю. Химические различия россыпной и коренной платины Нижнетагильского массива, Платиноносный пояс Урала..... | 186 |
| Галецкий Л.С., Ремезова Е.А., Василенко С.П. Основные закономерности развития и размещения месторождений Ti-Zr Украинской россыпной провинции..... | 187 |
| Галецкий Л.С., Романюк Л.С. Касситерит-колумбитовые россыпи Пержанского рудного поля. | 188 |
| Герасимов Б.Б., Никифорова З.С., Иванов П.О. О перспективах выявления коренных источников россыпного золота Анабарского района (северо-восток Сибирской платформы) | 189 |
| Глушкова Е.Г., Никифорова З.С. Россыпная золотоносность рч. Таборный (юго-западная часть Угуйского грабена)..... | 190 |
| Гореликова Н.В., Патык-Кара Н.Г., Чижова И.А., Давыдов П.С., Наумов В.А. Индикаторные свойства россыпеобразующих минералов..... | 191 |
| Грановская Н.В., Грановский Г.А. Коры выветривания по древним конгломератам – нетрадиционный источник алмазов в восточной части Зимбабвийского кратона..... | 192 |
| Епифанов В.А. Напорно-флюидная модель формирования рудоносных россыпей в пульсациях Земли..... | 193 |
| Звонарев А.Е. Терригенные породы нижнего отдела меловой системы Воронежской антеклизы – дополнительный источник циркония..... | 194 |
| Зинчук М.Н., Зинчук Н.Н. Использование древних кор выветривания при поисках алмазных месторождений..... | 195 |
| Зубова Т.П., Агибалов О.А., Иванов Н.М., Краснов А.Н., Кондратьев А.В., Черемисина Е.А., Шатилова Л.В., Щегольков Ю.В., Филиппов В.П. Особенности строения и вещественного состава золотоносных кор химического выветривания Кедровско-Ивдельского рудно-россыпного узла (восточный склон Северного Урала)..... | 196 |
| Игамбердиев Э.Э., Абдумоминов Ш.А., Юсупов Р.Г. Геология и условия формирования Юсупташского благороднометалльного рудного поля..... | 197 |
| Каменцев Л.И. Проявления россыпной алмазонасности погребенных, экспонируемых и денудированных импактных структур кристаллических щитов Северной Азии..... | 198 |

| | |
|---|-----|
| Ковальчук М.С. Четвертичные золотоносные россыпи Украины..... | 199 |
| Ковальчук М.С., Крошко Ю.В. Нижнемеловые аллювиальные россыпи золота района Каневских дислокаций..... | 200 |
| Колпаков В.В., Нестеренко Г.В., Бобошко Л.П. Самородное золото в аллохтонных ильменит-цирконовых россыпях на юге Западно-Сибирской равнины..... | 201 |
| Комлев А.А. Ледниковая экзарация и сохранность россыпей в работах Н.А.Шило..... | 202 |
| Комлев А.А., Ремезова Е.А., Василенко С.П., Свивальнева Т.В. Новые данные о формировании титан-циркониевых россыпей Правобережья Среднего Приднепровья Украины..... | 203 |
| Коробкова А.И., Проценко Е.В., Коробков И.Г. Предпосылки локального прогноза погребенной россыпной алмазонасности на востоке Тунгусской синеклизы..... | 204 |
| Кравченко Е.А., Василенко С.П. Литолого-фациальные характеристики и палеогеографические условия образования титано-циркониевых россыпей миоцена ДДВ и северо-восточного склона Украинского щита..... | 205 |
| Кудрин К.Ю., Лобова Е.В., Хиллер В.В. Геохимические типы циркона и ильменита россыпей проявлений Умытынской площади (ХМАО – Югра)..... | 206 |
| Кузнецова И.В. Преобразование самородного золота в зоне гипергенеза..... | 207 |
| Лаверов Н.П., Гожик П.Ф., Хрущев Д.П., Чижова И.А., Лаломов А.В., Ремезова Е.А. Цифровое структурно-литологическое и геолого-динамическое моделирование в изучении россыпей тяжелых минералов..... | 208 |
| Лаверов Н.П., Чижова И.А., Матвеева Е.В., Александрикова М.А. Россыпные месторождения: логико-информационное моделирование и оценка перспективности..... | 209 |
| Лаломов А.В., Чефранов Р.М., Борисовский С.Е. Типоморфные характеристики золота в системе «коренной источник – россыпь» Бодайбинского рудного района..... | 210 |
| Лаломов А.В., Таболич С.Э. Модель образования концентраций россыпеобразующих минералов в отложениях потоков наносов..... | 211 |
| Левченко Е.Н., Григорьева А.В. Благороднометалльная минерализация в титано-циркониевой россыпи месторождения Центральное..... | 212 |
| Литвиненко И.С., Голубенко И.С. Ресурсы золота в техногенном комплексе отработанных россыпных месторождений Берелехского золотоносного района (Северо-Восток России)..... | 213 |
| Майорова Т.П. Типоморфизм поверхности россыпного золота..... | 214 |
| Макеев А.Б. Типохимические особенности и геохимические индикаторы рудных толщ Пижемского титанового месторождения..... | 215 |
| Макеев А.Б. Хромшпинелиды и гранаты проявления Ичетью..... | 216 |
| Макеев А.Б., Борисовский С.Е., Жиличева О.М. Типоморфизм циркона из конглобрекций Ичетью..... | 217 |
| Малич К.Н., Баданина И.Ю., Кнауф В.В., Мурзин В.В. Минералого-геохимические ассоциации платиноидов дунит-гарцбургитовых и клинопироксенит-дунитовых комплексов..... | 218 |
| Милаш А.В. Титановые россыпи нижнего франа юго-востока Воронежской антеклизы..... | 219 |
| Наумов В.А., Илалтдинов И.Я., Голдырев В.В. Изучение золотоносности намывных техногенных отвалов..... | 220 |
| Наумова О.Б., Лунев Б.С. Золотороссыпные комплексы Пермского Края..... | 221 |
| Некрасова А.А., Азовскова О.Б. Сравнительная характеристика морфологических параметров Au и Pt в осадочных отложениях различного возраста и генезиса и в корах выветривания (на примере Северо-Красноуральской площади, Средний Урал)..... | 222 |
| Нестеренко Г.В., Колпаков В.В., Жмодик С.М., Калинин Ю.А. Аллювиальные автохтонные россыпи золота, утерявшие и сохраняющие прямую связь с рудными источниками..... | 223 |

| | |
|--|-----|
| Никифорова З.С., Герасимов Б.Б., Глушкова Е.Г., Каженкина А.Г. Модель формирования россыпной золотоносности (восток Сибирской платформы)..... | 224 |
| Никифорова З.С., Каженкина А.Г. Предполагаемые коренные источники Au-Pt формации (Лено-Вилуйское междуречье)..... | 225 |
| Никулова Н.Ю. Медистое золото в нижнепалеозойских псефитах (р. Малая Кара, Полярный Урал)..... | 226 |
| Носова А.А., Голубева Ю.Ю., Граханов С.А., Борисовский С.Е., Хвостиков В.А., Карандашев В.К. Рутилы из алмазоносных пород верхнего триаса арктического побережья Якутии: геохимические особенности как индикаторы генезиса..... | 227 |
| Перегудов В.В., Шаутенов М.Р. Золотоизвлекающие фабрики (ЗИФ) – динамические модели россыпеобразования..... | 228 |
| Перегудов В.В., Шаутенов М.Р. Техногенные россыпи золота Казахстана..... | 229 |
| Погребной В.Т. Проявление ниобий-редкоземельных руд рыхлого сложения в Новополтавском карбонатитовом массиве (Украинский щит)..... | 230 |
| Постоленко Г.А. Террасо- и россыпеобразование в свете новых данных о строении и истории речных долин..... | 231 |
| Прудников С.Г. Неогеновые золотоносные россыпи – новый перспективный тип россыпных месторождений Тувы..... | 232 |
| Разин Л.В., Леснов Ф.П. Опыт эффективных геолого-геохимических поисков попутной россыпной платинометалльной микроминерализации, генетически связанной с ультрамафитами..... | 233 |
| Ремезова Е.А., Свивальнева Т.В., Криворучко А.А. Разработка геолого-технологической модели Злобичского россыпного месторождения ильменита как основы для его освоения..... | 334 |
| Росляков Н.А., Жмодик С.М. К вопросу об элювиальных золотоносных россыпях..... | 235 |
| Рудмин М.А. Фациальные обстановки накопления рыхлых осадочных руд Бакчарского месторождения (Томская область)..... | 236 |
| Савко А.Д. Генетические типы россыпей осадочного чехла Воронежской антеклизы..... | 237 |
| Савко А.Д., Шевырѐв Л.Т., Ильяш В.В. Проблема унаследованности минеральных ассоциаций россыпей Воронежской антеклизы: исследование уникального донского разреза Осетровка..... | 238 |
| Сандимирова Е.И., Ибрагимова Э.К., Сидоров Е.Г., Чубаров В.М., Антонов А.В. Минералогия золота из россыпных проявлений р. Ольховая 1-я (Камчатский Мыс, Восточная Камчатка) | 239 |
| Семенов Ф.В. Геоморфологический метод прогноза погребенных месторождений аллювиального генезиса..... | 240 |
| Сидоров Е.Г., Козлов А.П. Роль академика Н.А. Шило в развитии минерально-сырьевой базы Камчатского края..... | 241 |
| Соломенцева Л.А. Россыпные месторождения золота Мякит-Хурчанского рудно-россыпного узла: геология и генезис..... | 242 |
| Соломенцева Л.А., Литвиненко И.С. Источники питания россыпей золота Нижне-Мякитского россыпного поля (Северо-Восток России)..... | 243 |
| Сорокин А.П., Рождествина В.И., Кузьминых В.М. Условия локализации БМ, РМ и РЗЭ в угленосных отложениях Верхнего Приамурья..... | 244 |
| Сукач В.В., Ковальчук М.С., Гаева Н.М. Золото в системе: коренной источник, элювий, россыпь (на примере месторождения Балка Золотая Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной структуры)..... | 245 |
| Сушкин Л.Б. К юбилею обнаружения крупнейших платиновых самородков столетия..... | 246 |

| | |
|---|------------|
| Третьяков А.В., Перегудов В.В. Большеобъемные россыпи древних и современных впадин восточного и южного Казахстана..... | 247 |
| Третьяков А.В., Перегудов В.В. Минералого-технологические исследования на стадии разведки россыпных месторождений..... | 248 |
| Третьяков А.В., Перегудов В.В. Перспективные типы россыпей с мелким и тонким золотом в Казахстане..... | 249 |
| Третьяков А.В., Перегудов В.В. Способ количественного определения содержания мелкого и тонкого золота в песках россыпей..... | 250 |
| Черешинский А.В. Проявления цирконий-титановых россыпей в олигоцен-миоценовых отложениях центральной части Воронежской антеклизы..... | 251 |
| Чефранов Р.М., Чефранова А.В. Модель формирования олигоценовых россыпей Зауралья..... | 252 |
| Чефранова А.В., Лаломов А.В. К вопросу о применении термина «минеральная ассоциация» в геологии россыпей. Стендовый..... | 253 |
| Шевырев С.Л., Шевырева М.Ж., Шатров Н.В. О возможности реконструкции структуры донного субстрата акваторий окраинных морей Юго-Востока России на основе данных Modis Aqua..... | 254 |
| Шкодзинский В.С. Природа источников алмазов в россыпях северной Якутии..... | 255 |
| Шумилов Ю.В. Геология россыпей: от Ю.А. Билибина до Н.А. Шило..... | 256 |
| Щербакова Т.Е., Колесникова Т.И. Минералогические особенности и условия формирования туфогенно-осадочных отложений кратерных фаций кимберлитовых тел Зимнего Берега..... | 257 |
| <u>Авторский указатель</u> | 258 |

Секция 1. Металлогенические провинции.

Металлогенические провинции, рудные поля и месторождения как продукты эволюции литосферы и мантии Земли.

Металлогеническая специализация магматических ассоциаций Узбекистана

Ахунджанов Р., Зенкова С.О., Каримова Ф.Б.

ИГуГ АН РУз, rkh.akhundjanov@mail.ru

Металлогеническая специализация крупных магматических провинций определяется геолого-геофизическими, геодинамическими, магматическими факторами, а также признаками, отражающими глубинные плюмовые процессы. При рассмотрении связи металлогении со строением земной коры отмечается большая роль неоднородности состава литосферы, наличия вторжений высокоскоростных пород в верхней части ее разреза. Вышеуказанные критерии являются региональными и позволяют судить о типах магм уровня формирования магматических и рудных формаций, а также металлогенической специализации их очагов (Х.М.Абдуллаев, Д.И.Горжевский, В.И.Коваленко, Р.М.Константинов, Ю.А.Кузнецов, А.А.Маракушев, И.Х.Хамрабаев, А.И.Ханчук, Е.Т.Шаталов, Н.А.Шило, В.В.Ярмолюк и мн. др.).

Для литосферы территории Узбекистана выделены (Золотоносность..., 1975):

1) Тип земной коры с резко преобладающей мощностью базальтового слоя и фемическим профилем рудно-магматического комплекса, который свойственен району Султануиздага и прилегающих закрытых площадей Южного и Юго-Восточного Приаралья. Здесь проявлены месторождения связанные с основными ультрабазитовыми мантийными магмами, металлогенически специализированными на Ti, Fe, Cr, Cu, благородные металлы и графит. Магматогенными рудными породами являются титано-магнетитовые, магнетитовые пироксениты и роговообманковые пироксениты, ильменитовые и титано-магнетитовые с халькопиритом ассоциации – габбро-диабазы, габбро, пироксениты, слагающие интрузивы и дайки. 2) Тип коры, в котором базальтовый слой по мощности до 1.5 раз превышает гранитный. В составе устанавливается более высокоскоростной «диоритовый подслон» мощностью 8–10 км. Характерный профиль рудно-магматических образований – смешанный сиалическо-фемический (Чаткало-Кураминский тип). Развита семья золотосодержащих, медно-молибденовых, серебро-полиметаллических, скарново-магнетитовых, золото-полисульфидных, золото-теллуридных, барит-флюоритовых, алунитовых, редкометальных формаций в ассоциации с магматическими образованиями основного, среднего и кислого состава: габбро-плагиогранитный, диорит-гранодиорит-гранит-лейкогранитовый ряды формаций. В поздние этапы развития проявлены магматогенные рудные формации, связанные с явлениями метамагматизма – смешения очаговых магм с мантийными флюидами (монцогаббро-сиенодиорит-адамеллит-лейкогранитовый ряд формаций). 3) Южнотяньшаньский тип коры, в котором по мощности гранитный слой равен или преобладает (до 1.5–1.8 раза) над базальтовым. Этот слой в виде выступов кристаллического фундамента докембрийских и нижнепалеозойских песчано-сланцевых формаций слагает верхние части до-мезозойского фундамента на значительной площади Западного Узбекистана. К этому поднятию приурочено (или тяготеет) большинство золоторудных полей этого региона. Характерный профиль рудно-магматического комплекса для этого типа – сиалический, палингено-анатектический. Развита семья редкометальных вольфрамовых, молибденовых, оловянных, бериллиевых, золото-серебряных, золото-полисульфидных с сурьмой, реже полиметаллических формаций в ассоциации с позднепалеозойскими гранитоидными формациями малых и средних глубин. Особо выделяется здесь роль золото-турмалиновой формации (Нуратинский регион), в которой, как и на Северо-Востоке России (Шило, 1972), золото ассоциируется с редкими металлами (Sn, W, Mo, РЗЭ и др.). С вольфрамом и сурьмой золото (Мурунтау, Кокпатас, Чармитан) образует комплексные золото-шеелитовые и золото-серебро-сурьмяные руды.

Как региональный и локальный признак выделяется также наличие дайковых полей и их пучков трахириолит-сиенит-онгориолитовой ассоциации, с которой генетически связаны редкометальные и флюоритовые месторождения Среднего Тянь-Шаня.

Работа выполнена по гранту ФА-Ф8-Т004.

Литература

Золотоносность закрытых территорий Узбекистана // Под ред. И.Х. Хамрабаева. Ташкент: Фан, 1975. 256 с.

Шило Н.А., Сидоров А.А., Загрузина И.А. Возраст золоторудных формаций Северо-Востока СССР и их связь с магматизмом // Доклады АН СССР. 1972. Т.204. №1. С.189–191.

Неогеновые рудно-магматические системы северной части Транскавказской металлогенической провинции

Богатиков О.А., Докучаев А.Я., Гурбанов А.Г., Газеев В.М., Курчавов А.М.,
Лексин А.Б.

ИГЕМ РАН, alexandre-dokuchayev@yandex.ru

Транскавказская (Кавказско-Анатолийская) металлогеническая провинция (ТКМП) является частью трансконтинентального Восточно-Африканского – Транскавказского рифтогенного пояса (ВАТК). ВАТК прослеживается от предгорий Кавказа (район Кавказских Минеральных Вод – КМВ) на севере до Танзании на юге и занимает секущее положение по отношению к Тетическому коллизионному вулcano-плутоническому поясу. Последнее обстоятельство обусловило наличие полигенных источников и регенерированного рудного вещества в рудно-магматических системах рассматриваемой части ТКМП. В пределах ТКМП совмещены N и Q магматические проявления; их формирование происходило в условиях посторогенного режима за счет декомпрессионного плавления, вызванного растяжением и деламацией континентальной литосферы. В Ю части ТКМП (Анатолия, Малый Кавказ) основными типами месторождений, связанными с N гранитоидным магматизмом, являются Au-Cu-Mo-порфиновый, а в С части (Северный Кавказ, Предкавказье) – U-полиметаллический, скарново-редкометалльный (W, Mo), Cu-Mo-порфиновый и мезо-телетермальныи (Au, W, Sb, Hg).

На Малом Кавказе неогеновые Au-Cu-Mo-порфиновые месторождения Мисхано-Зангурской металлогенической зоны (Каджаран, Агарак и др. в Армении, Парагачай, Агюрт и др. в Азербайджане) связаны с позднеколлизионными позднезоцен-миоценовыми многофазными гранитоидными интрузивами (Мегри-Ордубадский плутон и др.).

На севере ТКМП выделяются Кавминводская (Предкавказье) и Тырныауз-Лухумская (Большой Кавказ – БК) металлогенические зоны (МЗ). Последняя подразделяется на три подзоны, с севера на юг: Тырныаузскую, Теплинскую и Лухумскую.

Кавминводская МЗ. Гипабиссальные позднемиоценовые интрузивы (лаколлиты КМВ) прорывают MZ-KZ осадочный чехол Скифской плиты. С лейкогранитами связано промышленное сульфидно-U оруденение, а с сиенитами и граносиенитами – скарноиды с Pb-Zn минерализацией. Рудно-геохимическая специализация гранитоидов – Mo-U-Au-W-полиметаллическая. Источниками U могли являться лейкограниты с акцессорными U-содержащими фазами и вмещающие палеогеновые толщи, обогащенные U и УГВ.

Тырныауз-Лухумская МЗ. Гранитоиды Тырныаузской подзоны (С часть БК) имеют W-Mo-Sn-Cu-полиметаллическую специализацию. С позднеплиоценовыми гранитоидами Эльджуртинского массива связаны послескарновые метасоматиты с шеелитом и Sn-носные скарны (экзоконтaкт массива), флюорит-арсенопирит-молибдошеелитовая минерализация (дайки риолитов, эндоконтaкт массива); на глубоких горизонтах массива установлена шеелит-вольфрамитовая минерализация грейзенового типа. Рудоносность Теплинской подзоны (водораздельная часть БК) определяется Au-Cu-Mo-порфиновым оруденением, связанным с плиоценовыми гранитоидами Сангутидонского, Теплинского и Танадонского массивов. В Сангутидонском рудном поле обобщенная зональность имеет вид (от центра к флангам): (Cu, Mo) → (Bi, As, W, Au) → (Pb, Zn, Ag). Здесь порфиновый шток дацитов окаймлен кварц-(турмалин)-карбонат-хлорит-серицитовыми метасоматитами с Cu-Mo оруденением в гранодиоритах; на флангах развито жильное Au-As-полиметаллическое оруденение. В Теплинском рудном поле гранодиориты и кварцевые диориты прорываются дайками дацитов и андезитов, с которыми ассоциирует телескопированная прожилково-вкрапленная Cu-Mo и жильная As минерализация; на флангах рудного поля проявлена жильная Cu-W-полиметаллическая минерализация. На Танадонском участке со штоками андезитов, дацитов, плагиогранит-порфиоров и дайками дацитов, андезитов, микрогранит-порфиоров связаны халькопирит-молибденитовые и Au-арсенидно-полиметаллические рудопроявления. Распределение мезо-телетермального оруденения Лухумской подзоны (Ю склон БК) характеризуется линейной зональностью, контролируемой глубинными субширотными разрывами надвигового типа. Вдоль Главного надвига развито Au-W-Sb оруденение, сменяющееся к югу Au-Sb-As и далее Hg (месторождения Зопхито и Лухуми в Грузии).

Работа выполнена в рамках базовой темы лаборатории Петрографии ИГЕМ РАН и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-05-00726.

О роли органогенных построек в формировании Мезмайского рудного поля (Западный Кавказ)

Бойко Н.И.

Южный федеральный университет, boiko@sfedu.ru

Мезмайское рудное поле расположено на Западном Кавказе в зоне сопряжения крупных разрывных нарушений общекавказского и субмеридионального направлений. Полиметаллическая минерализация приурочена к фациальному комплексу тыловых отложений позднеюрских барьерных рифов Лагонакской ступени в верхнем течении р. Курджипс. Протяженность зоны рудной минерализации в меридиональном направлении более 20 км при ширине от 1 до 2 км. Рудная минерализация представлена вкрапленностью галенита, реже сфалерита в прослоях известняков и доломитов, залегающих в пестроцветных глинах.

Определение направлений дальнейших работ по металлогении Мезмайского рудного поля должно базироваться, по нашему мнению, не только на всестороннем изучении самих рудопроявлений, но и вмещающих их рифогенных комплексов (Бойко, 1997). Учитывая как известные ранее, так и выявленные нами закономерности биогермообразования, представляется возможным предположить, что источником рудного вещества полиметаллического оруденения в рифогенных комплексах Западного Кавказа являлись, прежде всего, воды глубоководной части морского бассейна, существовавшего в позднеюрскую эпоху на территории современной складчатой области Большого Кавказа. Они содержали металлы в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях. Значительная часть халькофильных элементов, особенно в растворенном и коллоидном видах, поглощалась и усваивалась планктоном. В кимеридж-титонское время, характеризовавшееся интенсивным эвапоритообразованием на шельфе Восточно-Кубанской впадины, имели место компенсационные течения из глубоководного бассейна в область соленакопления. Они приносили в зону барьерных рифов Лагонакской ступени, окаймляющих солеродный бассейн Восточно-Кубанской впадины со стороны открытого моря, не только огромное количество планктонных организмов, но и мобилизованное ими рудное вещество. Доказательством наличия таких течений через барьерные рифы в эвапоритовые суббассейны Восточно-Кубанской впадины являются горючие сланцы в зоне сопряжения (Бойко и др., 1989).

Источником рудного вещества для рассматриваемых рифогенных полиметаллических проявлений Западного Кавказа являлись также халькофильные элементы областей денудации. Водосборные площади позднеюрского бассейна седиментации на Западном Кавказе были не только заражены рудной минерализацией, которая наблюдается сейчас в келловейских отложениях региона, но могли содержать и коренные проявления полиметаллических руд. Поступавшие с прилегающей суши металлы в палеобассейне Восточно-Кубанской впадины оказывались в своего рода ловушке, ограниченной в зоне сопряжения с глубоководным морем рифогенными баровыми телами. В условиях аридного климата остаточные растворы накапливались в зарифовой зоне Лагонакской ступени, где при массовом поступлении фитопланктоногенного органического вещества, формирующего своеобразный геохимический экран, создавались благоприятные условия для образования сульфидных руд.

Кроме рудного вещества, поступавшего в позднеюрский бассейн Восточно-Кубанской впадины на стадии седиментогенеза, металлоносные растворы, по всей видимости, поступали и в уже сформировавшуюся верхнеюрскую карбонатно-эвапоритовую формацию. Это осуществлялось в результате гравитационно-рассольного катагенеза, способствующего образованию металлоносных хлоркальциевых рассолов (Холодов, 1982). Оказавшись в карбонатной толще, металлоносные рассолы по проницаемым зонам, в качестве которых выступали органогенные постройки и контролирующие их разломы, просачивались дальше вниз, обуславливая рудообразование в подстилающих эвапориты биогермных породах.

Литература

Бойко Н.И. Металлогения позднеюрских рифогенных образований Западного Предкавказья // Разведка и охрана недр. 1997. №6. С.5–7.

Бойко Н.И., Пушкарский Е.М., Седлецкая Н.М. Горючие сланцы в верхнеюрских отложениях Северного Кавказа // Докл. АН СССР. 1989. Т.305. №6. С.1455–1457.

Холодов В.Н. Новое в познании катагенеза // Литология и полезн. ископаемые. 1982. №3. С.3–22.

Кольский регион – перспективная золото-серебряная металлогеническая провинция

Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В., Карпов С.М., Чернявский А.В.

ГИ КНЦ РАН, woyt@geoksc.apatity.ru

Работами последних пяти лет, проводимыми Геологическим институтом КНЦ РАН в рамках программ фундаментальных исследований Президиума РАН, обосновано существование на Кольском полуострове золото-серебряной металлогенической провинции. На всех поисковых участках установлены минералы – концентраторы золота и серебра, что позволяет говорить также о минерагенической провинции. Высокие содержания золота в ряде случаев позволяют ставить вопрос о наличии здесь промышленно значимых объектов.

Установлено, что на Кольском полуострове золото-серебряные рудопоявления локализованы в пределах зеленокаменных поясов позднего архея (3.00–2.75 млрд. лет, Колмозеро-Воронья с северо-западным продолжением Титовка – Ура-губа, Кеулик – Кинерим, Терский и Тикшеозёрский) и раннего протерозоя (2.50–2.06 млрд. лет, Печенгский, Усть-Понойский, Имандра-Варзугский, Салла-Куолаярвинский и Кукаозерский).

В Имандра-Варзугском поясе авторами выделены два новых для региона минералогеохимических и генетических типа проявлений: Au-Ag-Te рудопоявление Панареченское в одноименной вулcano-тектонической структуре и Au-содержащие колчеданные месторождения Прихибинья.

Панареченское рудопоявление – уникальный объект на северо-востоке Феноскандинавского щита по разнообразию рудных минералов и устойчиво повторяющихся минеральных фаз (потенциальных новых минеральных видов). По минеральным парагенезисам здесь установлены 4 типа минерализации: колчеданный, Au-теллуридный, Au-сульфидный и Cu-сульфидный. Au-теллуридный тип проявлен наиболее ярко. Оруденение типизировано авторами как метаморфизованное типа куроко – метасоматиты разного состава, наложенные на колчеданное оруденение. В рудах установлено 67 минеральных видов и фаз халькофильных и сидерофильных металлов. Среди них 16 – с видообразующей ролью Au и Ag, 27 теллуридов и сульфотеллуридов.

Колчеданные месторождения Имандра-Варзугского зеленокаменного пояса – типичные представители докембрийских стратиформных месторождений. В них установлены три минералогеохимических типа рудной минерализации: благороднометальная, ванадиевая и уран-редкоземельная.

Благороднометальная минерализация представлена Au (с Pb, Ag, Pd, Te, Sb) – арсениопирит – лёллингитовой ассоциацией, типичной для многих золотосодержащих и золоторудных колчеданных месторождений мира, а также серебро – сульфидно – кварцевой ассоциациями. Появление самородного Au, теллуридов Pb и Ag, а также фаз МПМ связывается нами с поздними стадиями регрессивного метаморфизма ($T < 300^{\circ}\text{C}$).

Ванадиевая минерализация проявлена двумя ассоциациями: оксидной (карелианит, кулсонит) и силикатной (мухинит, голдманит, гроссуляр, диопсид).

Уран-редкоземельная минерализация представлена простыми и сложными оксидами U и Pb, U-Th силикатами, сложными фосфатами и карбонатами Y-REE.

На юге Кольского полуострова известны проявления золото-кварцевого орогенного типа и Au-кварц-карбонатные метасоматиты, генетически связанные с U-содержащими альбититами, сформировавшимися на регрессивной стадии регионального метаморфизма. По комплексу признаков они близки месторождениям Fe-Co-Au-U группы Куусамо в соседней Финляндии.

Условия локализации эндогенных месторождений золота, железа и меди Турьинско-Ауэрбаховского рудного района на Северном Урале

Выхристенко Р.И.

ИГЕМ РАН, sars.v.r.i@gmail.com

Северный Урал является крупным центром добычи полезных ископаемых, таких как медь, железо и золото, но поскольку их добыча ведется уже более двух веков, то возникает вопрос о поиске новых, не вскрытых эрозионным срезом, более глубинных месторождений. Для этой цели необходимо использовать комплексный подход: дешифрирование космоснимков, анализ результатов крупно и мелкомасштабного геологического картирования, интерпретация данных грави- и магниторазведки, анализ рисунка речной сети и палеофациальный анализ вулканогенно-осадочных отложений.

В результате дешифрирования космоснимков территории были выделены два типа структур: кольцевые, представляющие собой кольца, вложенные друг в друга и радиально к ним расположенные линейные структуры. Анализ рисунка рек по топографическим картам 1:50000 также подчеркивает наличие кольцевых и радиальных структур.

Наибольший интерес представляют собой крупные центральные кольцевые структуры. В пределах двух из таких структур расположен Турьинско-Ауэрбаховский рудный район. Отложения района представлены павдинской (S_2I-v), турьинской ($S_2p-D_1e tr$), краснотурьинской ($D_1p kr$) свитами, а также отложениями D_2ef и D_3f . По литологическому составу геологические образования разделяются на 2 группы фаций: жерловую и склоновую.

Группа жерловых и околожерловых фаций представлена субвулканическими телами от основного состава до кислого, кластолавами, крупно-, средне- и мелкообломочным пирокластическим материалом соответствующего состава, который окаймляет субвулканические тела. Склоновая фация представлена туфоалевролитами, туфобрекчиями, туфоконгломератами и рифогенными известняками. Нередко поля развития пород фаций разделяет кольцевой разлом.

Дизъюнктивная тектоника в районе выражена кольцевыми и радиальными разломами. В центрах кольцевых разломов часто наблюдается концентрация субвулканических тел. Характер распределения кольцевых разломов, субвулканических тел и отложений жерлового материала можно интерпретировать как развитие отдельных палеовулканических аппаратов, фиксируемых иногда и в современном рельефе. В целом, внутренние кольцевые структуры можно рассматривать как ограничение внутренней кальдеры проседания регионального палеовулканического сооружения.

Таким образом, можно предположить, что на территории района в течение длительного времени (силур-девон) функционировал крупный вулканический центр, развитие которого завершило внедрение штокообразного Ауэрбаховского массива пород гранитоидного состава. Развитие данного вулканического центра привело к формированию большого количества месторождений меди и железа, а дальнейшая эрозия центра привела к их вскрытию.

В пределах Турьинско-Ауэрбаховского рудного района месторождения железа и меди приурочены к площадям развития жерловой фации, а некоторые коренные месторождения золота располагаются по контакту жерловой и склоновой фаций. В целом, месторождения располагаются зонально: в центре кольцевой структуры размещаются месторождения железа, на небольшом удалении от них развиты месторождения меди, а по контуру кольцевой структуры располагаются некоторые месторождения золота.

Золотоносность раннеюрских вулканитов активной окраины Скифской плиты

Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Докучаев А.Я., Борисовский С.Е.

ИГЕМ РАН, gazeev@igem.ru

В пределах Транскавказской поперечной структуры, в южной части Скифской плиты, известны проявления полиметаллической, золото-сульфидной и золото-серебряной рудных формаций, ассоциирующие с продуктами заключительных фаз формирования раннеюрских островодужных вулcano-плутонических комплексов. В Карачаево-Черкессии в связи с вулканитами маринского комплекса выявлены два проявления и участки с Au-минерализацией. Au-Ag проявление Ковалевское расположено в верховьях р. Подкумок и приурочено к полосе развития эксплозивных брекчий, аргиллизитов и пропилитов. Прогнозные ресурсы по категории P_1 составляют: Au 10–15 т, Ag 180 т. Здесь выявлены три рудные зоны мощностью 45–150 м, прослеженные по простиранию на 640–820 м и на глубину 200–250 м. Среднее содержание Au 4 г/т (максимально до 20 г/т). Размер золотин до 1–3 мм, редко 5–9 мм; внутренняя структура золотин – мозаичная и зональная (рис.1).

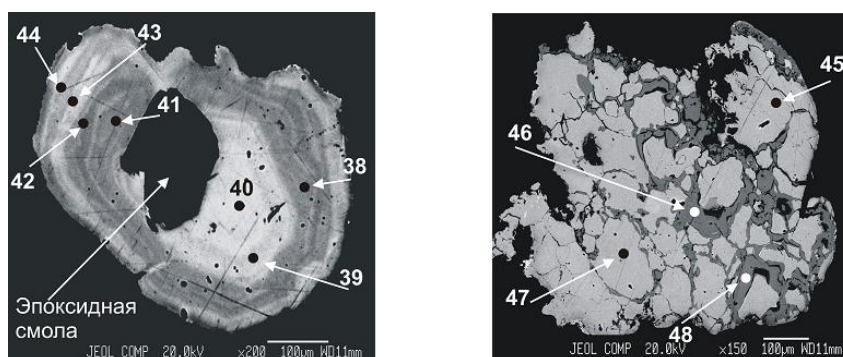


Рис.1. Зональная (слева) и мозаичная (справа) структура золотин Ковалевского участка. Состав золота (электрума) варьирует от $Au_{65}Ag_{35}$ до $Au_{51}Ag_{49}$ (соответственно в точках микрозондового анализа 40 и 42); от $Au_{62}Ag_{38}$ до $Au_{38}Ag_{62}$ (соответственно в точках микрозондового анализа 47 и 46). Изображения в обратно-отраженных электронах.

Восточнее, в Кабардино-Балкарии, известно Au-полиметаллическое месторождение Радужное. Здесь, в раннеальпийских вулканитах хуламского комплекса, Au ассоциирует с Ag, кюстелитом, акантитом, халькозином, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, пиритом, киноварью (колломорфно-подобные Au-сульфидные агрегаты в карбонатном материале могут быть фрагментами сульфидных микротрубок палеокурильщика). В Северной Осетии с раннеюрским вулcano-плутоническим комплексом связаны Au-носные полиметаллические месторождения Садонского рудного района. На основании спектров распределения РЗЭ и мультиэлементных спектров (рис.2) в породах комплекса можно говорить о типично островодужной природе изученных вулканитов и связанного и ними Au оруденения.

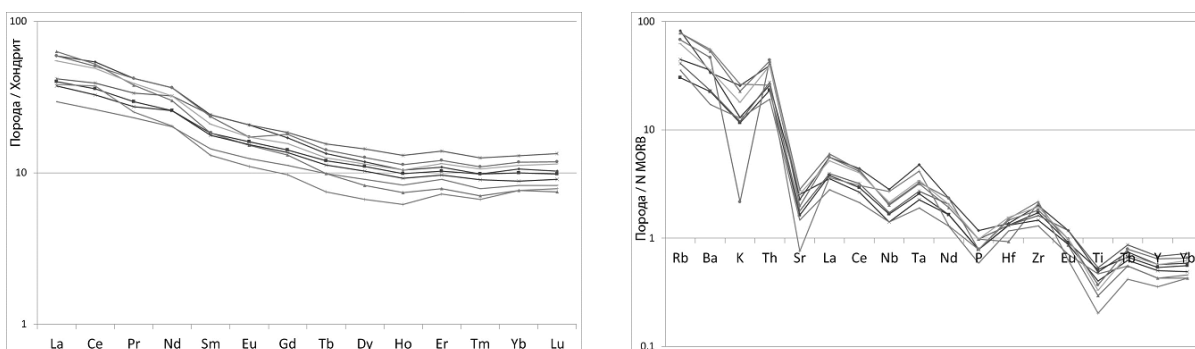


Рис.2. «Островодужные» характеристики вулканических образований маринского комплекса, значками показаны изученные породы разного состава.

Работа выполнена по базовой теме лаборатории Петрографии ИГЕМ РАН.

Глобальная сеть золотоносных узлов

Гаршин И.К.

Каспийский Трубопроводный Консорциум-Р, igor@garshin.ru

При просмотре карты полезных ископаемых легко заметить, что:
месторождения золота в Южной Африке и Юго-Западной Австралии лежат примерно на одной широте (30° ю.ш.);

месторождения золота на юго-западе Австралии и на севере Филиппин (о. Лусон) лежат примерно на одной долготе (160° в.д.);

месторождения золота о. Лусон и юга Индостана лежат примерно на одной широте (15° с.ш.), а долгота индийских месторождений находится примерно посередине между долготами золотоносных районов ЮАР и юго-западной Австралии.

Возникает предположение, что на Земле существует "сеть" с трапецевидными "ячейками" размером 45° по широте и 40° по долготе, в узлах которой могут находиться крупные золоторудные зоны. Т.о., эта "сеть" имеет 4 пояса по широте и 9 сегментов по долготе. Из 36 ее узлов 10 находятся в океанах и морях, 17 доступны на суше, а 9 – под ледяным щитом Антарктиды. И, действительно, в 16 из 17 "сухопутных" узлах этой "сети" (с отклонением 0–10°) имеются крупные залежи золота (Горная..., 2006), (gold-deposit.ru) и ведется их разработка:

№1 (60° N 0° E): Шотландия, Конониш (56° N 5° E). Кварц. жилы. Ср.-верх. протерозой.

№2 (60° N 40° E): Россия, предполагается в Костр. обл. (Угличский разлом – 58° N 42° E).

№3 (60° N 80° E): Россия, Коммунарское (54° N 89° E). Кварц. жилы. Ниж. кембрий.

№4 (60° N 120° E): Россия, Чёртово Корыто (59° N 117° E). Кв. жилы. Ср.-в. протерозой.

№5 (60° N 160° E): Россия, Эвенское (63° N 160° E). Кв. жилы. Верх. мел – палеоцен.

№6 (60° N 160° W): США, Донлин Крик (62° N 158° W). Кв.-карб. жилы. В. мел – палеоцен.

№7 (60° N 120° W): Канада, Негус – Нерко Кон (62° N 114° W). Кварц.-карб. жилы. Архей.

№8 (60° N 80° W): Канада, Детоур Лейк (60° N 80° W). Верхний архей.

№9 (60° N 40° W): Гренландия, Налунак (60° N 45° W). Кварц. жилы. Протерозой.

№10 (15° N 0° E): Нигер, Кома Банджоу (14° N 1° E). Кварц. жилы. Ниж. протерозой.

№11 (15° N 40° E): Сауд. Аравия, Аль Хаджар (20° N 41° E). Сульфиды. Ср.-в. протероз.

№12 (15° N 80° E): Индия, Рамагири (15° N 77° E). Кварц. жилы. Архей.

№13 (15° N 120° E): Филиппины, Багио (16° N 121° E). Кв. жилы. Верх. мел – н. плиоцен.

№17 (15° N 80° W): Никарагуа, Бонанза (14° N 85° W). Кв. жилы. Олигоцен – миоцен.

№20 (30° N 40° E): ЮАР, Агнесс (26° N 31° E). Кварц. жилы. Архей.

№22 (30° N 120° E): Австралия, Ёуанми (29° N 119° E). Рассеянные сульфиды. Архей.

№26 (30° N 80° W): Чили, Андаколло (30° N 71° E). Сульфидно-богатые жилы. Мел.

Указанные широтно-долготные совпадения известных золотых рудников, вероятно, не случайны, а представляют закономерность пока не выясненной природы. Видно, что треть этих "узловых" месторождений представлены кварцевыми жилами в архейских породах, хотя имеются руды и других эпох золотообразования (Авдонин и др., 2010). На первый взгляд, это не согласуется с теорией геомобилизма. В статье предложены возможные объяснения этого явления на основе концепции суперконтинентальных циклов галактической природы (Епифанов, 2005; Гаршин, 2012). Но, даже не зная его причины, можно показать перспективные места для разведывательных работ – не только поиск новых месторождений, но и уточнение районов вероятно золотосодержащих во многих известных золотодобывающих районах мира.

Полная версия статьи:

<http://www.garshin.ru/evolution/geology/geosphere/gold/auric-grid/zzz.htm>.

Литература

Авдонин В.В., Старостин В.И. Геология полезн. ископаемых. М.: Академия, 2010. 384 с.

Гаршин И.К. О галактических циклах в истории Земли // Козволюция геосфер: от ядра до Космоса: М-лы Всерос. конференции памяти Глеба Ивановича Худякова. Редкол. А.В.Иванов, И.А.Яшков и др. Саратов: Саратовский гос. тех. ун-т, 2012. С.161.

Горная энциклопедия, в 5 т. М.: Большая Российская Энциклопедия, 2006.

Епифанов В.А. Пульсации Земли и её кристаллоформы // Новые идеи в науках о Земле: Материалы VII Международной конференции. М., 2005. Т.1. С.18.

<http://gold-deposit.ru/> – "Месторождения золота" (даны координаты и металлогения).

Концепция формирования железо-оксидно-медных с благородными и редкими металлами месторождений в осадочных и магматических породах Удокан-Чинейского рудного района

Гонгальский Б.И.

ИГЕМ РАН, brgon@mail.ru

На юге Сибирского кратона выделяется крупная металлогеническая провинция с многометалльными месторождениями разных генетических типов: Fe - Ag (Au) - Cu – в осадочных породах (медистые песчаники); Fe - Ti - V, Ni - Cu - PGE, Au, Ag - в габброидах; U - Zr - Nb - REE – в метасоматических образованиях. Образование этих руд связано с палеопротерозойской эпохой, наиболее продуктивной в данном регионе в отношении образования крупных и уникальных месторождений. В это время происходили неоднократные внедрение ультрабазит-базитовых магм с последующим их фракционированием в разноглубинных камерах кристаллизации.

Это отчетливо прослеживается в строении наиболее изученного Чинейского массива, в котором выделено четыре группы пород. К первой группе (10% объема) относятся пироксениты и габбро, монцодиориты и анортозиты (1867±3 млн. лет (Попов и др., 2009); 1880±16 млн. лет (Поляков и др., 2008)). Основной объем интрузива сложен высокотитанистыми габброидами (1850±90, Гонгальский и др., 2008; 1858±17 млн. лет (Гонгальский и др., 2012)), подразделенными на титаномагнетит-габбровую и лейкогаббровую серии, в которых проявлена разноранговая ритмичность (макроритмы, ритмы, микроритмы). Третья группа представлена низкотитанистыми габброидами (1811±27 млн. лет (Гонгальский и др., 2012)), также характеризующимися ритмичностью. Завершающими магматическими образованиями (четвертая группа) являются флюидно-магматические брекчии, залегающие в виде силлов в приподошвенной части массива, а также маломощных даек, пересекающих интрузив. В массиве отчетливо выделяются: раннемагматические (пироксен-титаномагнетитовые) и позднемагматические (плагиоклаз-титаномагнетитовые) оксидные руды. На завершающих этапах кристаллизации Чинейского массива в остаточных расплавах происходило накопление летучих и рудных компонентов. Сульфиды в виде вкрапленности отмечаются в интерстициях главных пороодообразующих минералов, а также в виде прожилков. Промышленное значение имеют штокверки и зоны вкрапленных, гнездовых и жильных руд в породах эндо- и экзоконтакта. Прожилки пирит-халькопиритового состава прослеживаются на глубину 500 м от нижнего контакта массива (месторождение Рудное), трассируя мощную зону трещиноватости, прослеживающуюся, вероятно, от ниже расположенной магматической камеры (фиксирующейся по гравиметрическим данным). Нижний контакт массива, таким образом, играл роль экрана по отношению к проникавшим снизу остаточным расплавам обогащенным флюидами. Вовлечение поровых вод в движение в термоградиентной среде также способствовало формированию гидротермальной системы в области экзоконтакта Чинейского массива, где происходило образование рудных залежей в терригенных породах. Формирующиеся флюидные системы являлись гетерогенными в силу приуроченности их к различным стратиграфическим уровням удоканского карбонатно-терригенного комплекса, что нашло отражение в особенностях состава руд разнообразных месторождений меди Удокан-Чинейского района (Удокан, Правоингамакитское, Ункурское, Красное, Бурпала), особенно в уровнях концентраций благородных металлов.

Обнаруженные в последние годы уран-редкометалльно-редкоземельные гидротермально-метасоматические руды в пределах Чинейского массива не имеют пока достоверных датировок возраста. Близкая по составу минерализация известна в ассоциации с альбитизированными породами удоканского комплекса (1.9 млрд. лет (Кнауф и др., 2001)) на контакте с дайкой габбродиабазов. Палеопротерозойский возраст имеет и Катугинское тантал-ниобиевое месторождение (2066±6 млн. лет (Ларин и др., 2002)).

По элементному составу комплексных руд месторождения Удокан-Чинейского района могут быть отнесены к семейству железооксидно-золото-медных месторождений типа Олимпик Дэм.

Проблема генезиса Au–W–As–полиметаллического оруденения в базитах-ультрабазитах фиагдонского комплекса

Гурбанов А.Г., Газеев В.М., Докучаев А.Я., Голубев В.Н., Лексин А.Б.

ИГЕМ РАН, gazeev@igem.ru

С раннеюрским эффузивно-силловым базальтоидным магматизмом на Большом Кавказе ассоциирует оруденение медно-пирротинового и колчеданно-полиметаллического (кипрского) типов, проявлявшееся неоднократно, с нижнего лейаса по верхний аален. Однако, в полосе развития аналогичных пород фиагдонского комплекса (ФК) в Северной Осетии широко распространены и пространственно ассоциируют рудопроявления Au, W, As, Pb и Zn (Арсиком, Калдыком и др.), представленные кварцевыми, кварц-карбонатными жилами и жильными зонами, зонами окварцевания в серпентинизированных пикритах. Мощность жил 0.6–4.0 м при протяженности первые сотни метров, а по падению – на десятки метров. Жилы секут вулканиты и «теряются» во вмещающих аргиллитах. Рудные минералы представлены галенитом, сфалеритом, халькопиритом, пиритом, арсенопиритом, шеелитом, реже – антимонитом, реальгаром, аурипигментом, редко – киноварью. По данным ИНАА бороздовых проб, содержания WO_3 варьируют от 0.07 до 0.5%, Au – от 0.03 до 3.0–9.1 г/т. Изучение петрохимических, геохимических особенностей и изотопии стронция ($^{87}Sr/^{86}Sr$) в базальтах и пикритах ФК указывает на их близость к толеитовым базальтам окраинных (задуговых) бассейнов. Проведено изучение изотопии свинца в галенитах из кварц-карбонатных прожилков, локализованных в породах ФК, а также из рудных тел полиметаллических проявлений и месторождений Садонского рудного района, расположенных в до 20 км от ФК. Установлено, что модельный (Pb-Pb) возраст, рассчитанный по двухстадийной модели Стейси-Краммерса, и значений μ_2 ($^{204}Pb/^{238}U$), W_2 и Th/U изученных образцов находится в довольно широком диапазоне (Таблица). Для рудопроявления Арсиком он составляет 308 млн. лет, что совместно с величиной μ_2 ($^{204}Pb/^{238}U$) свидетельствуют о том, что имела место мобилизация свинца из палеозойских источников. По-видимому, на рудопоявлениях Арсиком и Калдыком в позднеальпийскую эпоху, когда геологическое строение района уже было аналогично современному, происходило переотложение рудных элементов, часть из которых (W, Pb) могли быть мобилизованы из палеозойского фундамента, где известно множество проявлений этих металлов. Низкие кларки W (0.3), Pb (0.3) и Zn (0.5) в вулканитах отчасти подтверждают этот вывод. Структурная связь оруденения с вулканитами, по-видимому, обусловлена физико-механическими свойствами последних в сравнении с вмещающими глинистыми толщами.

Результаты изотопного анализа свинца галенитов

| № пробы | Изотопные отношения | | | | | Модельный возраст, млн. лет | μ_2 | W_2 | Th/U |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|---------|-------|------|
| | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{207}Pb/^{204}Pb$ | $^{208}Pb/^{204}Pb$ | $^{208}Pb/^{206}Pb$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | | | | |
| 3-2 | 18.444±1 | 15.661±1 | 38.616±2 | 2.09369±3 | 0.84913±1 | 262 | 9.94 | 39.32 | 3.93 |
| 3-45 | 18.301±2 | 15.673±2 | 38.494±7 | 2.10336±8 | 0.85639±1 | 391 | 10.03 | 40.05 | 3.96 |
| 77a/80 | 18.496±2 | 15.695±2 | 38.751±4 | 2.09511±2 | 0.84857±1 | 292 | 10.08 | 40.37 | 3.98 |
| 115/81 | 18.483±2 | 15.669±2 | 38.663±4 | 2.09189±6 | 0.84779±2 | 250 | 9.96 | 39.44 | 3.93 |
| 60/82 | 18.427±2 | 15.667±2 | 38.633±4 | 2.09657±5 | 0.85027±1 | 287 | 9.97 | 39.67 | 3.95 |
| 85a/82 | 18.440±2 | 15.663±2 | 38.523±4 | 2.09426±4 | 0.84939±1 | 269 | 9.95 | 38.96 | 3.88 |
| 405 | 18.421±1 | 15.642±1 | 38.512±2 | 2.09059±6 | 0.84912±1 | 241 | 9.86 | 38.54 | 3.88 |
| 506-4 | 18.416±1 | 15.641±1 | 38.508±4 | 2.09097±8 | 0.84931±2 | 242 | 9.86 | 38.53 | 3.88 |
| 401 | 18.440±2 | 15.628±2 | 38.490±4 | 2.08729±6 | 0.84749±2 | 197 | 9.79 | 37.99 | 3.85 |
| 514 | 18.437±1 | 15.656±1 | 38.562±3 | 2.09197±7 | 0.84919±2 | 257 | 9.92 | 39.02 | 3.91 |
| 546 | 18.479±7 | 15.697±6 | 38.791±15 | 2.09868±7 | 0.84948±3 | 308 | 10.09 | 40.76 | 4.01 |
| 1420 | 18.371±2 | 15.627±2 | 38.450±4 | 2.0928±1 | 0.85061±3 | 247 | 9.81 | 38.29 | 3.88 |
| 6-1 | 18.429±2 | 15.649±2 | 38.548±7 | 2.09116±9 | 0.84916±2 | 249 | 9.89 | 38.82 | 3.90 |

Место взятия проб: Месторождения: 3-2, 3-45, 77a/80, 115/81 - Джимидон; 60/82 - Архон; 85a/82 - Верхний Згид. Рудопоявления: 405, 506-4 - Инжинта; 401 - Урсдон; 514 - Кариухох; 546 - Арсиком; 1420 - деривационный тоннель Зарамагской ГЭС; 6-1 - вулканиты в р. Майрамдон.

Работа выполнена в рамках базовой темы лаборатории Петрографии ИГЕМ РАН и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-05-00726.

Новая провинция – малые тела никеленосных мафит-ультрамафитов Пристанового коллизионного пояса (Алдано-Становой щит)

Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л.

ФГБУ ИТУГ ДВО РАН, vladimir@itig.as.khb.ru

Исследованиями последнего десятилетия в юго-восточном обрамлении Сибирской платформы выделена в пределах Пристановой коллизионной зоны Северостановая платиноносная медно-никелевая провинция. В нее входит Кун-Маньенская группа медно-никелевых с платиноидами месторождений, месторождение Бурпала, рудопоявления бурпалинского, сутамского и утук-макитского типов на западе, серия платиноидно-кобальт-медно-никелевых объектов с месторождением Няндомы в Джугджурском анортозитовом батолите на востоке. Этот коллизионный пояс объединяет две крупные тектонические области: Алданскую гранулитогнейсовую и Становую гранит-зеленокаменную. Поясу свойственны интенсивные поясовые гравитационные и магнитные аномалии. Выявлено, что в целом для него характерно шарьяжно-надвиговое строение. Возраст коллизионных процессов, спавших Становую и Алданскую области, оценивается большинством исследователей около 1.9 млрд. лет.

Имеющиеся материалы по раннедокембрийским мафит-ультрамафитам Пристанового коллизионного пояса от р. Олдоньдо на западе до побережья Охотского моря на востоке позволяют существенно расширить границы и перспективы этого региона, и рассматривать его в качестве обширной платинометалльной медно-никелевой провинции палеопротерозойского возраста. Широкомасштабное исследование этой зоны показало, что она может быть отнесена к разряду особо крупных минерально-сырьевых объектов юго-востока Алдано-Станового щита. Все известные в мире крупные месторождения шести глобальных возрастных никеленосных эпох сопряжены, как правило, с зонами континентального рифтогенеза. В таких зонах появляются своеобразные интрузии мафит-ультрамафитового глубинного (мантийного) магматизма, который и является поставщиком сульфидных медно-никелевых с платиноидами руд. Как и установлено в последние десятилетия, такие континентальные рифтовые структуры присутствуют и в Пристановой коллизионной зоне. С зеленокаменными трогами, поясами и их фрагментами здесь ассоциируются ареалы и скопления тел никеленосных мафит-ультрамафитов. На картах гравитационного поля эти скопления и ареалы характеризуются наиболее высокими значениями по сравнению с более низким полем гранулитов Пристанового пояса. По материалам геохимических съемок области скопления малых тел и отдельных массивов мафит-ультрамафитов довольно четко выделяются литогеохимическими ореолами и потоками никеля, меди, кобальта, хрома, ванадия, марганца, платины и палладия, пространственно совпадающими с положительными гравитационными аномалиями. Всего намечается в пределах Пристановой коллизионной зоны около 20 областей скопления мафит-ультрамафитовых тел, которые обособляются в 4 формационных типа: верлит-клинопироксенит-габбровый (бурпалинский), габбронорит-вебстерит-гарцбургитовый (сутамский), пироксенит-габбро-анортозитовый (чинейский, лантарский) и габбронорит-вебстерит-лерцолитовый (кун-маньенский). Последний тип выделен авторами при проведении в 2005–2009 гг. на юго-востоке Алдано-Станового щита целенаправленных тематических, научно-исследовательских и поисковых работ на сульфидное медно-никелевое с платиноидами оруденение. На границе Амурской области, Хабаровского края и республики Саха (Якутия) откартировано около 10 линейно вытянутых в северо-западном направлении ареалов малых интрузий мафит-ультрамафитов. В структурном отношении эти ареалы ассоциируются с Верхнемайской зоной шовных дислокаций, являющейся по составу пород и строению зеленокаменной троговой структурой рифтогенного типа. Получен достаточно большой объем новой информации по распространению и закономерностям распределения медно-никелевого оруденения и платиновой минерализации. В результате выявлено много новых рудопоявлений и пунктов минерализации никеля, меди и платиноидов, выделены рудоносные структуры, проведена типизация оруденения, формационный и металлогенический анализ, металлогеническое районирование и определены перспективы выявления новых рудных районов и рудоносных площадей.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ДВО РАН (12-1-0-ОН3-12).

Редкие и благородные металлы Улканского рудного района (юго-восток Сибирской платформы): состояние и проблемы изучения, новые данные

Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л.

ФГБУ ИТUG ДВО РАН, vladimir@itig.as.khb.ru

Объем потребления редких и благородных металлов – один из важнейших показателей уровня научно-технического прогресса в основных отраслях промышленности и стратегической безопасности страны. За последние 50 лет мировое потребление этих металлов возросло в десятки и сотни раз. Факт неуклонного роста интереса промышленности к использованию редких металлов и редкоземельных элементов в стремительно развивающихся наукоёмких технологиях неоспорим. В свете сказанного выше на Дальнем Востоке промышленный интерес представляет Улканский рудный район. Проблема оценки редкометалльно-редкоземельного, уранового и золоторудного потенциала его ставилась неоднократно и рассматривалась на протяжении последних 25–30 лет.

В центральной части позднепалеопротерозойского (1.77–1.70 млрд. лет) Улканского рифтогенного прогиба выявлено более 140 проявлений Be, Nb, Ta, U, Zr, TR, Th, Li, Au, Ag, Mo, Sn, W, P. Они компактно располагаются в пределах и вокруг по периферии Улканского щелочно-лейкогранитного массива, который в металлогеническом плане представляет собой уникальный рудный район с редкометалльной и редкоземельной специализацией, а также на золото, серебро и уран. Предварительно оценено свыше 30 рудных объектов, большая часть из которых по прогнозным ресурсам отвечает крупным, средним и мелким месторождениям. Металлогеническую специализацию его определяют Be, Nb, Ta, TR, U, Li и Au. Суммарные прогнозные ресурсы (в тыс. т): U – 534 (по кат. P_1+P_2 – 72), Nb_2O_5 – 710, Ta_2O_5 – 37, BeO – 431, ZrO_2 – 160, LiO_2 – 0.165, TR – 4184 (из них Y – 1266), Th – 13, Mo – 267; Au – 178 т (P_1 – 15.7 т. Au) и Ag – 493 т. Выделяются следующие основные типы рудных тел: 1) щелочногранитные пегматиты (Ta, Nb, Zr, Hf, TR, U или Th); 2) щелочные гидротермалиты (TR до 4%, Be до 0.6%, Nb, U, Th, Li, Sn, Ta); 3) щелочные полевошпатовые метасоматиты (Ta, Nb, TRy, TRla, Be, U, Zr); 4) щелочные граниты (Y, Nb, Ta, Zr, Hf, Li, U, Th); 5) аргиллизиты и эйситы (U, Mo, V); 6) адуляр-кварцевые метасоматиты (Au, Mo). Рудные интервалы с содержаниями Ta от 0.011 до 0.034% (max – 0.118%), Nb – от 0.23 до 0.86%, Zr – от 2.15 до 7.28% достигают 50–120 м; TR (La, Ce, Y) от 0.1 до 1.16% и Be от 0.01 до 1.7% – 100–300 м при протяженности рудных тел до 1200 м. Высокие концентрации Ta (0.012–0.047%), Be (0.1–0.8%), Ce (0.1–0.2%), Zn и Sn установлены в бертрандит-кварц-карбонатных и карбонат-кварц-магнетит-гентгельвиновых жилах. В редкометалльных грейзенах содержания Li_2O от 0.1 до 3.96%, Nb до 0.08%, Ta до 0.01%. В эйситах помимо U, Y, Ce установлены близкие к промышленным содержания Dy, Eu, Er, Lu, Tu, Ho, Gd, Sm, Pr, Nd и Ag (до 400 г/т), Au (до 0.32 г/т). По ресурсам урана ведущее место принадлежит P-U, P-U-TR эйситам и U-Mo, U-V аргиллизитам и березитам несогласия. Повышенные содержания Au (до 0.1–0.3 г/т) отмечаются на большинстве редкометалльных и редкоземельных объектов. Практический интерес представляют проявления золото-кварцевой формации в аргиллизитах (Au – 0.1–12.4 г/т). В последние годы установлена платиноносность щелочногранитных пегматитов и щелочных гидротермалитов (от 0.18 до 1.13 г/т Pt).

Рудные объекты Улканского района обнаруживают пространственно-временную приуроченность к области проявления щелочногранитного магматизма и связанного с ним щелочного метасоматоза. По всей вероятности именно она являлась эпицентром горячей точки или головкой плюма, то есть своеобразной зоной интенсивного действия мантийных флюидов, по периферии которой расположены многочисленные проявления редких металлов (Ta, Nb, Zr, Be и др.), редких земель, урана, тория, часто золотоносных с платиноидами. Сырьевая база редких и благородных металлов Улканского района характеризуется значительным прогнозным потенциалом. Практически все месторождения и рудопроявления являются комплексными и требуют дальнейшего изучения, проведения поисково-оценочных, разведочных и ревизионных работ, направленных на выявление высококоррелябельных месторождений.

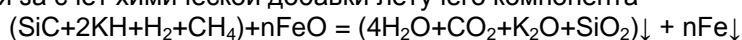
Исследования выполнены при поддержке интеграционного проекта №12-11-0-08-012 (ДВО, СО и УрО РАН).

Термохимическая модель мантийных плюмов, неопротерозойские, ранне- и позднепалеозойские крупные изверженные провинции и связанное с ними благородно- и редкометальное оруденение

Добрецов Н.Л., Борисенко А.С., Жмодик С.М., Изох А.Э.

ИГМ СО РАН, zhmodik@igm.nsc.ru

Предложена модель термохимического плюма в максимальной степени, основанная на физическом эксперименте и численном моделировании и учитывающая геологические, петрологические и геохимические факторы формирования крупных магматических провинций, связанных с функционированием мантийных плюмов (Добрецов и др., 2003, 2006; Добрецов, 2008). Согласно этой модели термохимические плюмы формируются при температуре (Т) плавления при химической добавке, промежуточной между Т на границе ядро-мантия и Т в нижней мантии. По сравнению с температурой сухого плавления нижней мантии, снижение Т плавления достигается за счет химической добавки летучего компонента



Грибообразная «шляпа» плюма возникает только при подходе к тугоплавкому слою. На основании теоретических разработок и эмпирических данных по эволюции глубинных плюмов, ответственных за формирование крупных изверженных провинций предполагается следующая последовательность событий: предложена следующая последовательность проявления магматических ассоциаций, с которыми сопряжены разнотипные рудные формации: 1) воздымание земной коры при подходе глубинного плюма к границе литосферы, что проявляется в формировании общего поднятия, а затем ранних рифтовых систем с щелочно базитовым, щелочно-пикритовым и карбонатитовым магматизмом; 2) растекание плюма вдоль границы литосферы, которое сопровождается ее трансформацией, на конечной стадии – массовым, катастрофическим излиянием траппов (пикритов и базальтов), формированием структур с бимодальным магматизмом по периферии LIP; 3) прогрев коры, который сопровождается наиболее активным мантийно-коровым взаимодействием, формированием габбро-гранитных серий, гранитоидных батолитов, синплутонических и минглинг-даек; 4) регрессивный этап остывания LIP, который фиксируется формированием редкометалльных гранитоидов, поясов даек лампрофиров, эльванов, онгонитов.

В истории палеозоид, сформированных на месте Палеоазиатского океана, выделяются две переломные стадии: кембро-ордовикская и пермотриасовая. В обоих случаях запечатлено закрытие ранее существовавших и открытие новых океанов, которые сопровождаются интенсивным плюмовым магматизмом, определившим остывание ядра Земли и появление суперхрон (прекращение магнитных инверсий). Три суперхрона около 520–460, 260–300 и 124–86 млн. лет коррелируются с крупнейшими эпохами плюмового магматизма. Интервал 520–460 млн. лет, коррелирующийся с суперхроной и открытием новых океанов, нуждается в более детальной реконструкции плюмовых этапов магматизма. Предшествующий суперплюм около 800–740 млн. лет и последующий пульс 670–690 млн. лет требует еще более тщательного обоснования и реконструкции, но укладывается в общую глобальную периодичность.

Своеобразие магматизма в областях влияния мантийных плюмов и связанных с ними крупных изверженных провинций определяет специфику их металлогении, с которыми связан широкий круг полезных ископаемых и типов благородно- и редкометального оруденения.

Литература

Добрецов Н.Л. Кирдяшкин А.А. Кирдяшкин А.Г. Физико-химические условия на границе ядро-мантия и образование термохимических плюмов // Докл. РАН. 2003. Т.393. №6. С.797–801.

Добрецов Н.Л. Кирдяшкин А.А. Кирдяшкин А.Г. Гладков И.Н. Сурков Н.В. Параметры горячих точек и термохимических плюмов в процессе подъема и излияния // Петрология 2006. Т.14 №5. С.508–523.

Добрецов Н.Л. Геологические следствия термохимической модели плюмов // Геол. и геофиз. 2008. Т.49 №7. С.587–604.

Редкоземельные элементы в кайнозойских отложениях о. Фаддевский (Новосибирские о-ва)

Друщиц В.А., Садчикова Т.А., Петрова В.В., Чамов Н.П.

ГИН РАН, drouchits@ginras.ru, tamara-sadchikova@yandex.ru

В составе кайнозойских отложений о. Фаддеевский (разрезы у м. Санга-Балаган и вблизи устья р. Муорустах) рассмотрены две толщи – нерпичинская и канарчакская, отличающиеся по составу осадков и отражающие смену обстановок осадконакопления на рубеже миоцена-плиоцена. Оligоцен-миоценовые отложения нерпичинской толщи, сложенной разнозернистыми песками с прослоями алевритов и глин, линзами галечников, включениями углефицированной древесины, характеризуются цикличностью, обусловленной чередованием прибрежно-морских и аллювиальных осадков. Отложения нерпичинской свиты с угловым и стратиграфическим несогласием перекрываются отложениями канарчакской толщи (верхний миоцен – нижний неоплейстоцен), представленной монотонным чередованием песчаных, алевритовых и глинистых осадков, характерных для ваттовых наносов приливно-отливной равнины. Терригенная составляющая пород – кварц-полевошпатовые порфиры, фельзиты, кварциты, песчаники, алевролиты и др. породы материковой суши. В легкой фракции преобладают кварц и кислые плагиоклазы (Садчикова и др., 2013). В тяжелой фракции преобладают рутил, титаномагнетит, роговая обманка, циркон, гранат, эпидот, силлиманит, турмалин. Встречены единичные зерна кианита, сфена, пироксена, ставролита. Кроме того, был определен редкоземельный минерал, близкий по составу алланиту (ортиту).

Помимо Si, Al, Fe, Ca он содержит 9.5% Ce_2O_3 и более 4% La_2O_3 (рис.1).

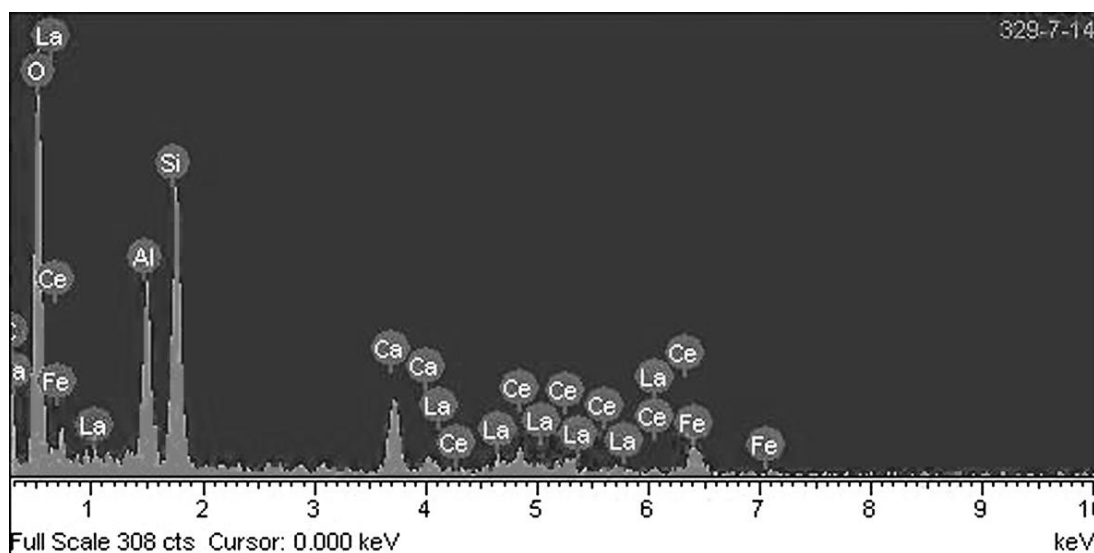


Рис.1. Микрорентгеновский спектр редкоземельного минерала из нерпичинской толщи.

Вероятно, материал поступал из бассейна р. Лены, где известны месторождения редкоземельных элементов: в частности, Томторское в нижнем течении (хр. Хараулах) и Селигдарское в верховьях (Тектоника..., 2001). Обнаружение компонентов речного аллювия в нерпичинских отложениях о. Фаддевский обусловлено значительным продвижением фронтальной части дельты на север, в связи с понижением уровня бассейна. В последующий период времени, как и в современных условиях, высокий уровень трансгрессии ограничивал сброс авандельтовых осадков прибрежной зоной, а вблизи островов преобладает снос местных пород.

Литература

Садчикова Т.А., Друщиц В.А., Петрова В.В., Чамов Н.П. Источники питания и терригенное осадконакопление на шельфе Восточной Арктики в позднем кайнозое / Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып.4. М.: ГЕОС, 2012. С.41–57.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Под ред. Л.М. Парфенова, М.И. Кузьмина. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.

Рудообразующие процессы и основные критерии прогноза месторождений Большого Алтая

Дьячков Б.А., Майорова Н.П., Кузьмина О.Н.

ВКГТУ МОН РК, bdyachkov@mail.ru

Большой Алтай в пределах территории Казахстана объединяет геологические структуры Рудного Алтая, Калба-Нарымской зоны, Западной Калбы и Жарма-Саура, входящие в систему Центрально-Азиатского подвижного пояса. Здесь сосредоточены многие крупные месторождения железа, меди, свинца, цинка, золота и других полезных ископаемых. Разработанные с теоретических позиций мобилизма новые представления о закономерностях рудообразования позволяют рационализировать подходы к прогнозированию и поискам рудных объектов (Большой Алтай..., 2000; Дьячков и др., 2009).

Рудноалтайский медно-полиметаллический пояс сформировался в борту континентальной окраины Горного Алтая. Рудоносные структуры представлены системой эшелонированных вулканических дуг рифтогенного типа (от D_{1e} до D_{3fm_1}), в которых сконцентрированы промышленные колчеданные месторождения Cu, Pb, Zn, Au, Ag и др. (Риддер-Сокольное, Тишинское, Орловское и др.). Модель рудообразования отражает генетическую связь вулканогенно-осадочных и гидротермально-метасоматических руд с группой базальт-андезит-риолитовых формаций, дифференцированных и контрастного ряда, образующих несколько рудоносных стратоевровней (Большой Алтай..., 2000). Критерии прогнозирования определяются связью медно-полиметаллических месторождений с девонским вулканизмом, многостадийностью рудного процесса, многоэтажностью распределения и зональностью оруденения (с размахом руд до глубины 1000–1500 м) и другими благоприятными факторами. Общие прогнозные ресурсы Cu+Pb+Zn составляют порядка 30–50 млн. т.

Калба-Нарымский редкометалльный пояс объединяет многие месторождения и рудопроявления пегматитового, альбитит-грейзенового, грейзеново-кварцевожильного, гидротермального и кластогенно-россыпного типов. Пространственно они размещаются в гранитоидном плутоне «батолитового типа», сформированном в постколлизийной геодинамической обстановке (P_1 - T_1). Главное промышленное значение имели месторождения редкометалльных пегматитов (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn), которые сейчас законсервированы (Бакенное, Юбилейное, Белая Гора и др.). Модель рудообразования определяет генетическую связь редкометалльных пегматитов с гранитами калбинского комплекса (P_1) в процессе ритмично-пульсационного поступления рудоносных растворов (H_2O , F, B, Cl, Ta, Sn и др.) из внутрикамерного очага гранитных расплавов. Заслуживает изучения потенциально перспективный апогранитный (внепегматитовый) тип олово-танталового оруденения в скрытых гранитных куполах (Карасу). При рудно-формационном анализе наметились определенные критерии рудоносности. Рекомендуются поисковые работы с использованием новых технологий глубинного геологического прогноза.

Западно-Калбинский золоторудный пояс объединяет важнейшие золотоносные структуры. Установлена приуроченность золоторудных объектов к Зайсанской сутурной зоне, сформированной в процессе коллизии и состыковки Казахстанского и Горноалтайского микроконтинентов. Рудоконтролирующее значение придается системе диагональных глубинных разломов, в которых локализовались золотоносные малые интрузии и дайки (C_{2-3} , C_3) и главные геолого-промышленные типы месторождений. Для концентрации золота благоприятны породы повышенной карбонатности и углеродистости на трех геохронологических уровнях (Рафаилович и др., 2012). Выявленные закономерности рудообразования раскрывают новые возможности для прогнозирования и поиска золоторудных месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК (проект №304 от 28.12.2011).

Литература

Большой Алтай: (геология и металлогения). Кн.2. Металлогения / Щерба Г.Н., Беспяев Х.А., Дьячков Б.А. и др. Алматы: РИО ВАК РК, 2000.

Рафаилович М.С. Дьячков Б.А. Стратоевровни золотого оруденения в черносланцевых толщах Казахстана IV. Ранне-среднекаменноугольный период // Геология и охрана недр. 2012. №3. С.15–30.

Многоуровневые урановые районы в осадочных комплексах европейской части России и их значение для металлогенического анализа платформенных областей

Енгальчев С.Ю.

ВСЕГЕИ, sleng2005@mail.ru

Актуальная задача по выявлению новых рудных объектов на территории платформ, имеющих мощный, сложно построенный осадочный чехол и гетерогенный, как правило, слабоизученный, фундамент, характеризующихся многоэтапным геологическим развитием требует совершенствования методов и приемов металлогенического анализа, на основе использования новых геофизических, геохимических и других данных, а также на новых подходах к анализу и реконструкции рудообразующих процессов, приводящих к формированию месторождений, рудных зон и областей. Активное развитие в последние годы идей о нефторудогенеза, как едином процессе, допускающем связь в формировании ряда рудных месторождений и залежей углеводородов позволяет использовать подходы нефтегазовой геологии в металлогеническом анализе платформенных территорий. Так, в частности, можно использовать подход о многоэтажности (многоуровневости) нефтегазовых и рудных объектов.

Принцип многоэтажности рудных объектов платформ можно продемонстрировать на примере урановых месторождений в осадочном чехле европейской части России. Известно, что в осадочном чехле Восточно-Европейской платформы урановое оруденение распространено в породных комплексах широкого возрастного диапазона от венда до антропогена. В пределах европейской части России было выявлено наличие двух районов, где наблюдается пространственное совмещение урановых залежей, расположенных на двух и более уровнях в отложениях осадочного чехла, при этом оруденение каждого из уровней имеет определенный рудно-формационный тип.

На северо-западе Русской плиты пределах крупной Балтийско-Мезенской разломно-блоковой тектонической зоны расположенной в области сочленения южного склона Балтийского щита и Русской плиты. Урановое оруденение установлено в базальной части средневендских отложений (гдовский горизонт), в углеродистых диктионемовых сланцах нижнего ордовика (копорская свита, пакерортский горизонт).

Другим районом, является территория кряжа Карпинского, отделяющего древнюю Восточно-Европейскую платформу от эпигерцинской Скифской плиты. Нижний уровень рудокализации приурочен к морским глинистым отложениям майкопской серии (олигоцен-миоцен), содержащие ураноносный костный детрит. Залежи имеют ритмичное строение и располагаются в основании каждого ритма осадконакопления. В пределах района установлено 13 месторождений. Среднее содержание редких земель и урана в костном детрите рудных горизонтов в целом составляет $\Sigma TR - 1.13\%$; $U - 0.2\%$. Формирование рудных залежей, мы, как и ряд исследователей, связываем с повторяющейся во времени активной подводной вулканической деятельностью при образовании отложений майкопской серии, сопровождающейся мощной разгрузкой в воды бассейна глубинных флюидных потоков, несущих рудные компоненты. Верхний, наиболее близкий к поверхности уровень урановых концентраций приурочен к отложениям среднего-верхнего миоцена, залегающим в эрозионных палеоврезах (палеоруслах) протяженной системы палео-Дона. Здесь в терригенных отложениях яшкульской серии выявлено Балковское месторождение урана и ряд рудопроявлений.

В пределах каждого из описанных районов регионального геоморфологического элемента – уступа (Балтийско-Ладожский глинт, Ергенинский уступ), однако, особенности размещения оруденения по отношению с региональными геоморфологическими структурами требует специального изучения.

Таким образом, в формировании многоуровневых районов (зон), вероятнее всего, принимали участие процессы вертикальной циркуляции вещества, реализуемые посредством миграции флюидов, по зонам тектонических нарушений пересекающих проницаемый осадочный чехол и верхние зоны кристаллического фундамента. Наличие многоуровневых рудных районов и функционирование на различных этапах развития, малоизученных в настоящее время, многоуровневых рудных систем на территории платформ, подтверждает важную роль фундамента и восходящих флюидных разгрузок в формировании рудных залежей в осадочном чехле платформ.

Модель образования кимберлитов и углеводородов при пульсациях дегазирующей земли

Епифанов В.А., Родин Р.С.

ФГУП «СНИИГГуМС», v-pif@sniiggims.ru

Уже более 20 лет назад нами отмечалась пространственная и предполагалась парагенетическая связь между областями аконсервации залежей углеводородов (УВ) и алмазоносным кимберлитовым магматизмом (Епифанов, Родин, 1991). Предполагалось, что рудоносность кимберлитов обусловлена внедрением расплавов в залежи УВ, при разрушении которых проявлялся дроссельный эффект, вследствие чего происходило быстрое остывание кимберлитов с сохранением содержащихся в них алмазов в новом поле их стабильности.

Позднее было установлено, что в пределах Сибирской алмазоносной провинции разновозрастные кимберлиты внедрялись в различных геодинамических обстановках, связанных с разными фазами пульсационного развития Земли (Епифанов, 2006).

Пространственная связь кимберлитового магматизма и рифтовых систем, отмеченная во всех алмазоносных провинциях мира (Зинчук и др., 2004), также наблюдается и на Сибирской платформе. Это позволило разработать «модель поршня», которая в контексте водородной дегазации пульсирующей Земли предлагает возможные механизмы образования кимберлитов и формирования залежей УВ в процессе становления Вилюйского палеозойского рифта (авлакогена), наследованного одноименной синеклизой (Епифанов, Сайчук, 2009).

По этой модели в обстановке глобального сжатия планеты в среднем палеозое авлакоген развивался по пути формирования трампа при активном подтоке глубинного водорода. Близкие к вертикальным, ограничивающие структуру зоны глубинных литрических разломов были направлены в стороны от блока, и поэтому при напряжениях тангенциального сжатия в его подошве возникали сверхвысокие давления. При подтоке мантийного водорода вещество литосферы гидридизировалось, под давлением становилось пластичным, и, дифференцируясь в условиях повышенных термо-механических нагрузок, отжималось к корням литрических разломов. Вследствие этого, за счёт оттока вещества происходило общее опускание блока, а за его пределами на плечах рифта формировались глубинные очаги с расплавами разной, в том числе кимберлитовой, специализации. Внутри деформируемого блока активизировались процессы катагенеза с выделением из глинисто-карбонатных пород больших объёмов H_2O и CO_2 , а в условиях водородной дегазации с участием органического вещества формировались и в коллекторах (сформированных дилатантной трещиноватостью) накапливались углеводороды.

Такой вариант рассмотрения пространственной и генетической связи кимберлитового магматизма с нефтегазоносными областями представляет собой один из возможных видов проявления нелинейной металлогении, обусловленной действием глубинных флюидов Земли. Согласно этой модели в результате периодической дегазации недр при пульсационных расширениях и сжатиях планеты происходит не только формирование магматических пород и рудных залежей, но также и контролирующее их размещение крупных тектонических структур.

Таким образом, предложен новый механизм образования кимберлитов, позволяющий выполнять региональный прогноз и ориентировать поиски алмазов на «закрытых территориях».

Литература

Епифанов В.А., Родин Р.С. Возможные пути решения проблемы поисков коренных источников алмазов на Сибирской платформе // Геология месторождений и проявлений цветных и благородных металлов Сибири. Новосибирск, 1991. С.119–124.

Епифанов В.А. Геодинамическая модуляция пульсирующей Земли и ее влияние на характер алмазоносного магматизма // Вулканизм и геодинамика: Матер. III Всерос. симпоз. по вулканол. и палеовулканол. Т.1. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2006. С.13–16.

Епифанов В.А., Сайчук О.Н. Модель-реконструкция причинно-следственной триады: пульсации «гидридной Земли» – рифтогенез – кимберлитовый магматизм // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып.7. Матер. Всерос. петрограф. конф. Томск: ЦНТИ, 2009. С.116–124.

Зинчук Н.Н., Дукардт Ю.А., Борис Е.И. Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. Новосибирск: «Сибтехнорезерв», 2004.

Золото-урановое оруденение Западного Забайкалья

Жмодик С.М.¹, Миронов А.Г.², Росляков Н.А.¹, Карманов Н.С.¹,
Белянин Д.К.¹, Айриянц Е.В.¹, Миронов А.А.², Дамдинов Б.Б.², Очиров Ю.Ч.²

¹ИГМ СО РАН, zhmodik@igm.nsc.ru; ²ГИН СО РАН

До определенного времени Au-U геохимическая ассоциация считалась запрещенной, а совместное нахождение Au и минералов U объяснялось, за редким исключением (Кренделев, 1974), процессами россыпеобразования. После обнаружения уникальных Au-U месторождений Австралии (Джабилука, Олимпик Дэм), Мурунтау, Украинского щита, Эльконского рудного узла (Бойцов, Пилипенко, 1998 и др.) появились экспериментальные работы, показывающие возможность переотложения золота в урансодержащих растворах (Рыженко, Коваленко, 2009).

В Западном Забайкалье Au-U минерализация установлена в трех районах: Озернинском рудном узле, Горбылок-Муйской и Талой-Ципиканской зонах. В Озернинском рудном узле при отработке россыпей золота были обнаружены самородки (до 1.5 см) сложенные преимущественно браннеритом, золотом (до 15%), с включениями теллуридов Au, Ag, Bi и самородного Bi. Сопутствующие минералы – гематит, рутил, (с Fe до 3.6% и W до 9%), барит, доломит, сидерит, мусковит. Золото (от 86 до 96.6% Au, остальное Ag) образует тесные структуры сростания с браннеритом и микровключения в рутиле. По данным химического U-Pb метода датирования, время образования браннерита соответствует 200 млн. лет, что, в целом, сопоставляется с возрастом формирования заключительных фаз раннемезозойской Монголо-Забайкальской магматической области – 225–195 млн. лет, в периферических зонах влияния мантийного плюма (Ярмолюк и др., 2002).

Золото-урановое проявление Левитинское расположено в Южно-Муйском хребте (Горбылок-Муйская зона) среди пород осадочно-метаморфической толщи муйской серии протерозойского возраста. Породы представлены массивными и рассланцованными известняками, доломитами, кварц-карбонат-хлоритовыми, кварц-хлорит-амфиболовыми и карбонатными сланцами с прослоями черных сланцев и известковистых песчаников. Жильные тела локализуются в зоне окварцевания, пиритизации и анкеритизации в карбонатных породах и сланцах. В зоне выделяются серии субогласных кварц-анкеритовых и кварц-кальцитовых жил мощностью 0.1–0.6 м с раздувами до 1.5–2 м. Кроме того, в зоне широко распространены кварцевые и кварц-мусковит-карбонатные прожилки. Рудная минерализация, представленная пиритом, халькопиритом, настураном, уранинитом и золотом, локализуется в виде редких гнезд в жилах и прожилках. Урановые минералы распространены в виде почковидных агрегатов (до 1–1.5 см) настурана и редкой вкрапленности изометричных кристаллов уранинита (от 2–3 мкм до 2–4 мм). Настуран образует скрытокристаллические агрегаты со специфической трещиноватостью и часто содержит мелкие (3–50 мкм) кристаллы уранинита. Настуран и уранинит чаще всего образуют сростания с анкеритом и железистым кальцитом, а также встречаются совместно с пиритом в сульфидных гнездах. Самородное золото (95.9–100% Au) распределено крайне неравномерно (от 0.1 до 140 г/т) и на 80–90% локализуется в настуране и уранините, реже ассоциирует с кварцем, карбонатом и пиритом.

Кроме того, сростания уранинита и золота были обнаружены в аллювиальных отложениях р. Талой и ее правых притоков. Таким образом, в Западном Забайкалье выделяется две зоны: с проявлениями золото-браннеритовой и золото-уранинитовой минерализации, что свидетельствует о перспективности рассматриваемой территории на золото-урановое оруденение эльконского и федоровского типов и необходимости постановки исследовательских и поисковых работ.

Литература

Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н. Au и U в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология рудных месторождений, 1998. Т.40, №4. С.354–369.

Кренделев Ф.П. Металлоносные конгломераты Мира. Новосибирск: Наука, 1974.

Рыженко Б.Н., Коваленко Н.И. Переотложение Au в урансодержащих растворах – ключ к формированию золото-урановой минерализации // Доклады АН. 2009. Т.429. №3. С.378–382.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б. и др. Тектоно-магматическая зональность, источники магматических пород и геодинамика раннемезозойской Монголо-Забайкальской области // Геотектоника. 2002. №4. С.42–63.

Перспективы освоения и развития Верхоянской серебрянорудной провинции

Задорожный Д.Н.

ФГУП ЦНИГРИ, geo-zadorozhny@yandex.ru

Верхоянская серебрянорудная провинция является одной из крупнейших на территории России. При этом основные запасы серебра заключены в отдельных месторождениях (Прогноз, Мангазейское-Вертикальное, Кимпиче, Купольное, Менкече), которые расположены на огромной территории (> 400000 км²) лишенной инфраструктуры, что значительно сдерживает ее освоение. Основным объектом провинции является серебряное месторождение Прогноз. По данным оценки независимой компанией MICON International Limited по стандарту NI 43-101 (2008 г.) его ресурсы (inferred + indicated) составляют 9.5 тыс. т серебра (<http://www.hrg.ca>). В настоящее время, по завершении поисково-оценочных работ они полностью переведены в запасы (C₁+C₂), которые сконцентрированы в двух рудных зонах: Главная и Болото. Предусматривается открытый способ отработки центральной части месторождения, что должно существенно снизить затраты на его разработку. Значительные запасы месторождения Прогноз и высокие содержания серебра в рудах позволяют на ранних стадиях его освоения компенсировать отсутствие инфраструктуры в регионе. В период интенсивной подготовки месторождения к нему был проложен автозимник продленного действия от федеральной трассы «Колыма» (п. Тополиное), который в дальнейшем возможно перевести в разряд круглогодичной дороги. Строительство дороги позволит вовлечь в освоение крупные комплексные месторождения Дербек-Нельгесинской зоны: Илин-Тасс (Sn, W, Au, Bi, Ag), Алыс-Хая (Sn, W, Co), Галечное (Au, Bi, W), Бургачан (Sn), а также ряд площадей, расположенных в пределах Сан-Юрхской, Брюнгадинской и Томпо-Делиньинской рудных зон, перспективных на выявление месторождений золота и серебра. Сан-Юрхская зона субширотного простирания характеризуется развитием субвулканических комплексов позднеюрско-мелового возраста, с которыми связано золотое и серебряное оруденение. В экзоконтактах субвулкана Энач развиты зоны штокверкового прожилкования кварц-сидерит-полисульфидного состава с золото-висмут-телуровой минерализацией. Золото мелкое, с разбросом пробности от 401 до 970‰ (Яковлев и др., 1981), развивается по трещинам в арсенипирите, в сростках с самородным висмутом, хедлейитом, висмутином. По мере удаления от массивов в рудах увеличивается количество галенита, появляются золото-полиметаллические и серебряносодержащие минеральные ассоциации: золото-галенит-халькопиритовая и галенит-тетраэдрит-пираргиритовая. Брюнгадинская зона северо-западного простирания характеризуется развитием объектов, в структурах которых совмещены руды различных формационных типов: золото-кварцевые и серебро-сурьмяные (Июньское), золото-висмутовые и серебро-полиметаллические (Борикчак), золото-кварцевые и серебро-полиметаллические (Дугинское). Рудные зоны представлены минерализованными зонами дробления протяженностью первые км со стержневыми жилами мощностью 0.5–2 м. Жилы проявления Дугинское сложены кальцитом с вкрапленностью галенита, сфалерита и блеклой руды, которые локализуются среди зон прожилково-вкрапленной минерализации кварц-пирит-арсенипиритового состава. Содержания серебра в жилах составляют 1.7–3.5 кг/т. Основными минералами-концентратами серебра являются блеклые руды и сульфостаннаты (канфильдит, кестерит). Золото локализуется в прожилково-вкрапленных рудах с содержаниями первые г/т. Золото мелкое, с разбросом пробности от 475 до 950‰ развивается по трещинам в арсенипирите, в сростках со сфалеритом, галенитом и станином. Томпо-Делиньинская зона северо-восточного простирания объединяет серебро-ртутные (Ночное, Хачакчан), серебро-сурьмяные (Заря, Восточное) и серебро-полиметаллические (Брамин, Кестелен) объекты. В пределах юго-западного фланга зоны расположены серебрянорудные столбы Нижне-Имнеканского узла, оцениваемые как мелкие месторождения серебра, сложенные богатыми рудами прожилкового типа. Содержания серебра в галенит-блеклорудных прожилках до 50 кг/т. Минералы-носители серебра представлены самородным серебром (Костин и др., 2011), пираргиритом, полибазитом, броньардитом, стефанитом, штернберgitом, имитеритом, ленаитом.

Литература

Костин А.В. и др. Особенности серебряной минерализации Нижнеимнеканского и Аллара-Сахского рудных узлов (Восточная Якутия). Отечественная геология. 2011. №5. С.3–10.

Яковлев Я.В., Соловьев Л.И., Моякунов Э.В. Минералого-геохимические особенности западной группы оловорудных проявлений Южно-Янского рудного района. Минералогия и геохимия производных гранитоидного магматизма. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1981. С.24–34.

Геолого-генетические типы коренных месторождений алмазов

Зинчук Н.Н.

Западно-Якутский научный центр АН РС (Я), nnzinchuk@rambler.ru

Алмаз – полигенный минерал, образующийся не только в условиях земных недр, но и при сверхскоростном соударении космических тел с Землёй. Известны мантийные и коровые геолого-генетические типы коренных месторождений алмазов. Среди первых выделяются кимберлитовый и лампроитовый тип. На протяжении около полутора сотни лет в мире успешно эксплуатируются коренные месторождения алмазов, связанные с кимберлитовыми трубками взрыва. Из них (а также и более древних россыпей, образованных за счёт разрушения кимберлитов) образуются разновозрастные россыпные месторождения алмазов. Считается, что алмаз кимберлитов кристаллизовался на большой глубине (порядка 150–200 км) в мантии Земли в области его стабильности ($P > 45$ ГПа, $t = 900\text{--}1400^\circ\text{C}$) намного раньше образования кимберлитовых тел. Алмаз в кимберлитах – ксеногенный минерал, первоисточником которого являются дезинтегрированные мантийные породы – перидотиты и эклогиты, фрагменты которых вынесены кимберлитовой магмой в земную кору. Форма залегания алмазоносных кимберлитов – трубки и дайки; силы этих пород обычно не содержат алмазов. В середине 70-х годов прошлого века в Австралии открыты трубки взрыва, выполненные алмазоносной породой – лампроитом, отличающейся от кимберлитов высокими содержаниями Ti, K, P и некоторых других элементов. Лампроитовая магма, как и кимберлитовая, служит транспортером алмазов, которые близки по свойствам и внешнему облику в обоих типах пород. Источниками алмазов являются те же породы верхней мантии (перидотиты и эклогиты), алмазы которых присутствуют и в кимберлитах. Кроме состава, лампроиты практически ничем не отличаются от кимберлитов.

В коровых генетических типах алмазов выделяются ударно-метаморфогенные и динамометаморфогенные типы месторождений. В конце 60-х годов прошлого века в нашей стране В.Л.Масайтисом с коллегами выявлен новый генетический тип коренных месторождений алмазов, связанный с импактитами – породами, сформировавшимися в результате удара космических тел о поверхность Земли. Образование алмазов в них обусловлено твердофазовым переходом графита в алмаз при шоковых давлениях, возникших в процессе удара. Графит присутствовал в породах, подвергшихся удару. Импактные алмазы характеризуются специфической морфологией зерен, часто унаследованной от формы зерен замещённого графита, и содержат иногда гексагональную модификацию алмаза – лонсдейлит, которая принадлежит к техническим сортам. В этот же период А.А.Заячковским и Ю.А.Полкановым с соавторами был открыт ещё один новый генетический тип коренных месторождений алмаза, приуроченный к кристаллическим породам метаморфического комплекса, локализованного в Кокчетавском массиве Казахстана. Алмазы метаморфического комплекса необычны и размеры их зерен редко превышают десятые доли миллиметра. Они образуют кристаллы кубического габитуса, а также выделения скелетных форм и их сростки. Близкие по форме алмазы обнаружены и в тонкозернистых титансодержащих песках южного обрамления Украинского кристаллического массива в районе побережья Азовского моря, Приднестровья, а также в Западной Сибири. По всей вероятности, коренным источником алмазов из титансодержащих песков Украины, Западной Сибири и аллювиальных отложений Западной Австралии служат метаморфиты кристаллического комплекса, аналогичные алмазоносным породам Кокчетавского массива. Такие алмазы образовались в коровых условиях при РТ-параметрах, стабильных для этого минерала. В специальных публикациях появляются сообщения о находках алмаза в различных типах изверженных пород: базальтах, пикритах, ультрабазитах и др. В Канаде найдена дайка слюдистой породы с алмазами.

Характерной особенностью промышленных месторождений алмазов, связанных с кимберлитами и лампроитами, является их приуроченность преимущественно к трубкам взрыва. В некоторых довольно редких случаях экономически рентабельные концентрации алмаза наблюдаются в дайках, тесно связанных с трубками кимберлитов. Два других генетических типа коренных месторождений алмазов локализируются в коровых породах. Алмазы в них обычно мелкие (преобладают индивиды размером в сотые или десятые доли миллиметра) и могут быть использованы только для технических целей. Форма месторождений алмазов обычно изометрическая.

Типоморфизм алмазов как критерий прогнозирования поисковых объектов

Зинчук Н.Н.

Западно-Якутский научный центр АН РС (Я), nnzinchuk@rambler.ru

Алмаз – минерал с широким комплексом кристалломорфологических, физико-химических и других особенностей, которые отражают своеобразие термодинамических и геохимических условий его образования и могут быть рассмотрены в качестве типоморфных. Алмазы из отдельных кимберлитовых диатрем и нередко из различных минералого-петрографических разновидностей кимберлита в одном месторождении довольно существенно отличаются по ряду типоморфных особенностей. Зная свойства алмазов из кимберлитовых тел, можно с большой долей уверенности решить вопрос о коренных источниках изучаемой россыпи или группы россыпей. Районирование коренной и россыпной алмазоносности Сибирской платформы позволило выделить четыре алмазоносные субпровинции: Тунгусская (Байкитская и Саяно-Тунгусская области), Лено-Анабарская (Анабаро-Оленекская и Приленская области), Центрально-Сибирская и Алданская. Это позволило рассматривать экзогенную историю алмазов россыпей в тесной связи с историей геологического развития платформы, установить роль отдельных типов первоисточников в россыпях различного возраста и генезиса и применить эти данные по типоморфизму алмазов для целей регионального и локального прогноза. Анализ огромного фактического материала и многолетний опыт изучения алмазов позволяет утверждать, что детальные минералогические исследования с комплексом современных методов с геологической привязкой находок являются актуальными и их надо проводить в следующих направлениях: а) фундаментальные комплексные исследования минералогии, кристаллографии и физических особенностей алмазов, а также твердых включений в них для выяснения условий генезиса; б) использование информации, полученной разными методами при комплексном исследовании алмазов, для решения прикладных вопросов, непосредственно связанных с практикой геологоразведочных работ. К ним относятся установление связи вещественно-индикационных параметров кимберлитового магматизма различной алмазоносности и геолого-структурного положения кимберлитовых тел, что позволяет выявить как региональные, так и локальные типоморфные особенности, выяснить вопрос о коренных источниках алмазов россыпей. Результатом таких комплексных исследований может быть «Геоклассификатор алмазов», учитывающий имеющиеся минералогические, кристаллографические и физические классификации алмазов, на базе которого необходимо создание Банка данных для этого минерала, имеющий важнейшее значение для геолого-поисковых работ. Важнейшим направлением комплекса минералогических исследований алмазов, развивающихся на стыке минералогии и технологии минерального сырья, является разработка рекомендаций, направленных на создание наиболее рациональных схем переработки руды и обеспечивающих кристаллосберегающие технологии, а также уточнение областей применения алмазов с учетом реальной структуры и физических особенностей и выявления объектов с повышенным качеством алмазного сырья. Использование типоморфных особенностей алмазов имеет важное значение для прогнозирования типов первоисточников, уровня их потенциальной алмазоносности и качества минерального сырья, а также для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от коренных источников до мест современного нахождения, для палеогеографических реконструкций распространения древних алмазоносных отложений и выяснения направлений сноса. Минералогическое районирование коренной и россыпной алмазоносности древних платформ мира по типоморфным особенностям алмазов даст возможность проводить локализацию перспективных площадей и осуществлять поиск кимберлитов по самим алмазам, являющимся значительно более устойчивыми в экзогенных условиях по сравнению с их парагенетическими минералами-спутниками (пиропом, пикроильменитом, хромшпинелидами, хромдиопсидом, оливином и др.). Выполнение комплекса минералогических исследований алмаза и минералогическое районирование древних платформ по алмазам необходимо как для рационального определения направления геологоразведочных работ, так и для повышения их качества и эффективности, что будет большим шагом вперед к открытию новых месторождений алмазов и интенсификации всех работ, направленных на прирост запасов и, особенно, с повышенным качеством алмазного сырья.

Методологический подход к исследованию структурно-динамических систем, развивавшихся над плюмом

Злобина Т.М.

ИГЕМ РАН, *ztatiana@igem.ru*

В разработке методологии исследований локальных геодинамических условий эндогенных месторождений и их связи с региональной геодинамикой существует проблема оценки переходных критериев от регионального масштаба к крупному. Геодинамические исследования отражают закономерности магмо- и рудообразования, размещения месторождений, в связи с соответствующей плей-тектонической и/или плюм-тектонической обстановкой. Методология изучения локальных тектоно-динамических условий рудообразования учитывает связь с магматизмом, структурный контроль оруденения и другие факторы. Геолого-тектоническая позиция крупномасштабных металлогенических таксонов имеет основное значение при исследовании флюидо-динамических систем гидротермальных месторождений. Вместе с тем, обширная геофизическая информация и изучение форм, механизмов корово-мантийного взаимодействия, эволюции земной коры, показывают, что в локальных обстановках рудообразования отражаются разноглубинные процессы. Сейсмо-томографическими исследованиями (Dziewonski et al., 1983) установлено необычное – центроидное распределение низкоскоростных сейсмических волн глубоководных событий, с которыми связаны мантийные области выплавления плюмов и струйное проникновение в кору вещества мантии (гипотеза горячих точек–мантийных струй). При структурно-динамическом изучении мезотермальных рудообразующих систем установлены в сфере рудоотложения «отпечатки» дислокаций, обусловленных релаксацией палео-сейсмогенных глубоководных полей центроидного типа. Связь разномасштабных геодинамических и тектоно-динамических факторов развития рудообразующих систем над плюмом целесообразно рассматривать с позиций глубинной сейсмогеодинамики. При анализе опубликованных сейсмологами данных о триггерном эффекте разрушения среды при поступлении в систему флюида (Соболев и др., 2011), появились представления о синхронности сейсмо-тектонифизических и пульсационных флюидно-динамических событий. Поступивший в систему флюид не только изменяет литостатическое давление на величину порового, уменьшая прочность пород, но и ведет себя как поверхностно активное вещество (эффект Ребиндера). Рассматривая сейсмогенные режимы рудообразования, Nguyen P.T., Cox S.F. (1998) и др. объясняют пульсационное поступление флюидов в систему «клапанным механизмом», который работает за счет циклической взаимосвязи между внутривещным, литостатическим давлением, объемом флюидов и структурой силового поля относительно проводящей зоны. Это, по сути, физический механизм триггерного усиления сейсмического процесса разрушения, свидетельствующий о том, что флюиды поступают в систему вслед за фронтом разрушения, а в зонах аномально малой проницаемости коры выдавливаются вверх за счет резко изменяющихся РТ-условий и динамики стремительного развития сейсмогенного процесса разрушения. Установлено, что сейсмогенные очаги, фокусирующиеся в разных диапазонах глубин, имеют отличающиеся закономерности релаксации напряжений: до 20–30 км – маятниковый механизм, до 40–70 км – центроидный. По типу релаксации напряжений можно судить о диапазоне глубин, с которых поступали флюиды, а по направленности процесса разрушения – о региональных флюидо-подводящих разломах, в которых генерируется сейсмоисточник. Использование такого методологического подхода позволило разработать структурно-динамическую модель «надплюмовой» рудообразующей системы золоторудных месторождений с одной фокусированной областью питания и источниками, размещенными на мезотермальных уровнях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-05-00084.

Литература

Соболев Г.А., Пономарев А.В. Динамика разрушения моделей геологической среды при триггерном влиянии жидкости // Физика Земли. 2011. №10. С.48–63.

Dziewonski A.M., Woodhouse J.H. An experiment in systematic study of global seismicity; centroid-moment tensor solutions for 201 moderate and large earthquakes of 1981 // J.Geophys. Res. 1983. V.88. P.3247–3271.

Nguyen P.T., Cox S.F., Harris L.B., Powell C.A. Fault-valve behaviour in optimally oriented shear zones: an example at the Revenge gold mine, Kambalda, Western Australia // Journ. Struct. Geol. 1998. V.20. №12. P.1625–640.

Моделирование структурно-динамических условий локализации жильного золоторудного месторождения с использованием компьютерных 3D-технологий

Злобина Т.М., Мурашов К.Ю.

ИГЕМ РАН. *ztatiana@igem.ru*

На Ирокиндинском рудном поле исследованы динамические обстановки синрудного периода на большой площади, в вертикальном диапазоне 800 м, в областях размещения золото-кварцевых жил. По результатам специального структурного картирования реконструированы синрудные тектоно-динамические и кинематические процессы. По массовым замерам ориентировок динамо-пар тангенциальных сколов, выполненных минералами – индикаторами рудообразования, восстановлены азимутальные ориентировки векторов главных нормальных напряжений. Методом стерео-геометрического анализа, с учетом положения этих векторов, восстановлены кинематические процессы вдоль сместителей рудоподводящих, рудораспределяющих разломов и осуществлены модельные построения трещинных рудовмещающих структур. Установлен сложный тип распределения ориентировок главных нормальных векторов в процессе центроидной релаксации локального поля напряжений, что обусловило прогрессивное развитие сложно сочетающихся тектонических элементов. Плотность распределения одного из векторов описывается в изолиниях на стереографической сетке в виде центра растяжения, сопровождающегося неквадрантным поясным распределением двух других векторов триады (сжатия и среднего) по эллиптическим проекциям. Ранее подобные локальные динамические обстановки не отмечались. В процессе реконструкции структурно-динамической системы выделена (Злобина, 2013) сейсмогенная составляющая быстрого тектонического процесса разрушения, обусловившая одновременное образование сдвигов с вращением, переходящих в раздвиги, и разно ориентированных сколов, сочетающихся по разным кинематическим схемам. Крупномасштабные закономерности кинематического процесса предполагались теоретически, но не были ясны. Уверенно установлена только однородная в объеме многофазная центроидная разгрузка напряжений, которая вызвала образование главных полого падающих тектонических зон, нормально ориентированных к оси центроида. В них локализована разностадийная рудная минерализация, создавшая структуру жильных тел «жила в жиле». Кинематические закономерности образования разно-ориентированных оперяющих сколов, вместивших жилы или части крупных жил вызывали вопросы и сомнения.

В результате компьютерного моделирования построена модель сопряженных жильных тел сложной морфологии. Обычно жильные тела моделируются по пересечениям жил скважинами, что огрубляет результат из-за непредвиденных ошибок линейной интерполяции между разрезами (для задания нелинейной интерполяции недостаточно данных). Жилы Ирокинды имеют большую протяженность и изменчивую морфологию по простирацию. По падению жилы выполаживаются и выкручиваются: на поверхности < пд. 400; на горизонте 100 м от поверхности падение изменчиво – от 10–150 до 45–600, также как и на горизонте 150 м от поверхности – от 20–350 до 45–600. Более крутое падение жилы связывалось с локализацией ее части в скеле, оперяющем главную структурную зону. Ориентировка жил в пространстве прослежена по простирацию на четырех горизонтах штолен, падение отмечено на каждом горизонте, с интервалом 10 м. Новизна предпринятого моделирования заключается в детализации сложной морфологии жил с заданием нелинейной интерполяции по многочисленным ориентированным азимутальным данным. Полученные результаты позволили установить закономерности кинематических процессов: объединение разно ориентированных сколов в конические сколы, оперяющие главные полого падающие тектонические зоны, осуществлялось в результате сдвига с вращением. Выделены «опущенные хвосты» жил, размещенные в оперяющих коническешелонированных сколах, что важно для направления эксплуатационной разведки месторождения и подсчета запасов в блоках.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-05-00084.

Литература

Злобина Т.М. Структурно-динамические системы мезотермальных жильных золоторудных месторождений (северное Забайкалье) // Доклады XI Межд. Конфер. "Новые идеи в науках о Земле", 9-13 апреля 2013 г., МГРИ. Т.1. С.320–323.

К вопросу о прогнозировании золоторудной минерализации на основе анализа многомерных структур разнородных поисковых признаков на территории Полярного Урала

Иванова Ю.Н.

ИГЕМ РАН, jivanova@yandex.ru

Урал – это передовой полигон горно-геологической отрасли. Если Южный и Средний Урал – основа промышленной индустрии, они исследованы довольно детально, то Приполярный и Полярный Урал изучены фрагментарно и имеют неразвитую инфраструктуру.

Полярный Урал – потенциальная база для добычи редких, цветных и благородных металлов. Наиболее перспективной в отношении этих металлов является Малоуральская зона – северное продолжение Тагильского прогиба. В числе прочих на этой территории выявлены два промышленных месторождения золота: Петропавловское и Новогоднее Монто.

Месторождение Новогоднее-Монто – золото-железоскарновый объект. Железородная минерализация была выявлена в 1956 г. при проведении аэромагнитной. И лишь в 1987 г. были получены первые прямые данные о его промышленной золотоносности (Трофимов и др., 2005).

Петропавловское месторождение – это золото-порфиновый объект. Оно выявлено в 2004 г и находится в 1–2 км к западу от месторождения Новогоднее-Монто. Оценка флангов этих объектов ведется в настоящее время (Черняев и др., 2005).

За последние десять лет было выявлено большое количество рудопроявлений, а также множество пунктов минерализации, которые остающиеся до сих пор недоизученными. Работы проводились несколькими организациями (ОАО «Ямалзолото», ФГУП «ИМГРЭ», ФГУП «ЦНИГРИ» и др.), но они так и не обнаружили крупных объектов с незначительными содержаниями золота (или небольших – со средним содержанием). Именно такие месторождения на сегодняшний день привлекательны для промышленности. Поэтому необходимо совершенствование научного прогнозирования и поиска золоторудной минерализации.

Метод основан на анализе многомерных структур разнородных поисковых признаков. Повышение эффективности поисков зон золоторудной минерализации достигается за счет увеличения информативности поисковых признаков (геологических, минералогических, геохимических, геофизических и дистанционных), с привнесение новой категории данных – формальных («математические» данные) (Иванова, 2013).

С помощью агрегации сведений в классы и надклассы строятся многомерные матрицы поисковых признаков и анализируются разнотипные связи между ними. Исследование бифуркационных диаграмм рассеивания существенных величин на многомерной структуре исследуемых поисковых признаков, позволяет производить локализацию золоторудной минерализации с различными рисковыми градациями. На диаграмме можно наблюдать смену возможных динамических режимов системы при изменении значения бифуркационного параметра – реальную зону рудоносности (точка бифуркации).

Метод позволяет уменьшить время полевых работ и в то же время помогает расширить спектр знаний, получаемых в камеральных условиях, что особенно актуально в суровых климатических условиях Полярного Урала.

Литература

Черняев Е.В., Черняева Е.И., Седельников А.Ю. Геология золото-скарнового месторождения Новогоднее Монто (Полярный Урал) // Скарны, их генезис и рудоносность (Fe, Cu, Au, W, Sn...) XI Чтения памяти акад. А.Н. Заварицкого. Екатеринбург, 2005. С.131–137.

Трофимов А.П., Лючкин В.А., Пивоваров А.П., Фунтиков Б.В. Геолого-геохимическая модель золоторудного железо-скарнового месторождения Новогоднее Монто на Полярном Урале. В кн.: Скарны, их генезис и рудоносность (Fe, Cu, Au, W, Sn,...). Материалы научной конференции (XI Чтения А. Н. Заварицкого). Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2005. С.102–107.

Иванова Ю.Н. Прогнозирование рудных зон на основе надклассовой агрегации знаний прямых и косвенных поисковых признаков // Материалы III научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти акад. А.П. Карпинского. Санкт-Петербург: ФГУП «ВСЕ-ГЕИ», 2013. С.211–215. CD.

Золотоносность Койкарско-Выгозерской сдвиговой зоны Карельского кратона (Фенноскандинавский щит)

Иващенко В.И.

ИГ КарНЦ РАН, ivashche@krc.karelia.ru

Койкарско-Выгозерская региональная сдвиговая зона шириной ~5–8 км прослеживается в субмеридиональном направлении более чем на 100 км (Колодяжный, 2006), накладываясь на вулканогенно-осадочные и интрузивные комплексы архея и протерозоя. В ее пределах локализовано орогенное мезотермальное месторождение золота Педролампи, несколько идентичных по генезису золоторудных (Талпус, Эльмус, Орехозеро) и золотосодержащих (Карьер Койкары) проявлений, а также ряд серноколчеданных (Койкарское, В. Эльмус, Талпус) и золото-урановых (Черное) рудных объектов. Сдвиговая зона осложнена разновозрастными (AR-PR) системами разломов север-северо-восточного, субмеридионального и северо-западного направлений и сдвиговыми дислокациями более низкого порядка, контролирующими золоторудные месторождения и проявления.

Золоторудные объекты Койкарско-Выгозерской зоны приурочены к верхним частям разреза Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Они относятся к одному минеральному типу – золото-пиритовому и сходны по сопутствующим минеральным ассоциациям (сульфиды Cu, Ni, Zn, Pb, сульфоарсениды Co, Ni, Fe, сульфоантимониды, в меньшей степени висмутотеллуриды и Pb-Sb сульфосоли) и доминирующим метасоматитам (хлоритовые пропилиты). Пространственно эти проявления тяготеют к зонам развития более раннего колчеданного оруденения. Морфогенетические особенности рудной минерализации на золоторудных проявлениях сложны и не однозначны, отражая неравномерное пульсационное просачивание флюидов в сдвиговой зоне и, возможно, многоэтапность и полихронность ее формирования. Об этом же, вероятно, свидетельствует и крайне неравномерное и ограниченное развитие кварц-серицитовых и турмалинсодержащих метасоматитов и березитов. Неравномерное распределение изофациальных метасоматитов и однотипной, но значительно отличающейся содержаниями золота, рудной минерализации в Койкарско-Выгозерской зоне вызвано, по-видимому, ее тектоно-метасоматической проработкой в протерозое, обусловившей в конечном итоге вскрытие на современном эрозионном срезе разных глубинных уровней архейской орогенной мезотермальной золоторудной системы и ее частичную реювенацию. Свидетельство этому различия РТ-параметров формирования золотонесущих метасоматитов на разных рудных объектах в пределах данной зоны.

Золотосодержащее проявление «Карьер Койкары», расположенное на юге Койкарско-Выгозерской зоны, формировалось в условиях, резко варьирующих по температуре и давлению, соответственно – 140– >500°C (геотермометры: хлоритовый, кобальтиновый, арсениопиритовый, анкерит-сидеритовый и др.), 1–6 кбар (геобарометры: доломит-кальцитовый, сфалеритовый). Подтверждением таких параметров условий формирования минерализованных метасоматитов на данном проявлении является также широкое распространение в них маргарита. Выделение золота самородного и электрума происходило при температуре 254–370°C (электрум-сфалеритовый термометр). Еще более высокую температуру кристаллизации электрума (360–460°C) дает этот термометр для месторождения Педролампи при условии, что по хлоритовому термометру температура образования кварц-хлоритовых метасоматитов главной рудной зоны здесь – 290–390°C. Примерно в этом же температурном интервале (300–350°C) формировались метасоматиты на рудопроявлении Эльмус.

Намечающаяся вариабельность РТ-параметров формирования орогенного мезотермального оруденения золота в Койкарско-Выгозерской сдвиговой зоне рассматривается как один из действенных критериев ее прогнозно-металлогенической оценки. В этом аспекте наиболее перспективными по РТ-условиям образования золотоносных метасоматитов и их минеральному составу, помимо месторождения Педролампи, представляются также проявления Талпус и Койкарское колчеданное, где на последнем впервые установлена Ag-Au минерализация и индикаторная сопутствующая ей – арсенидная.

Литература

Колодяжный С.Ю. Структурно-кинематическая эволюция юго-восточной части Балтийского щита в палеопротерозое. М.: Тр. ГИН РАН. Вып.572. 2006.

Сурьмяная минерализация на золоторудных месторождениях Восточного Казахстана

Калинин Ю.А., Ковалев К.Р., Наумов Е.А., Мягкая М.К.

ИГМ СО РАН, kalinin@igm.nsc.ru

В Восточном Казахстане сурьмяная минерализация известна на ряде золоторудных месторождений Западно-Калбинского золотоносного пояса (ЗКЗП) – Суздальском, Бакырчик, Жерек, Жанан, Алимбет, Мираж, Сарымбет, Май-Чеку и др. Характер взаимоотношений золото-сульфидной и сурьмяной минерализаций проанализирован по геологическим, минералогическим и изотопно-геохимическим данным.

1. На всех месторождениях ЗКЗП вкрапленное золото-сульфидное оруденение в углеродисто-терригенно-карбонатных породах карбона контролируется зонами динамометаморфизма и расщепления. Его формирование происходило в условиях сжатия, что объясняет преимущественно лентовидно-линзовидную морфологию рудных залежей. Более поздняя жильно-брекчиевая сурьмяная (антимонитовая) минерализация отражает условия растяжения. В ряде случаев она пространственно обособлена от золото-сульфидных руд и характеризуется секущим положением кварц-антимонитовых жил по отношению к основным рудоконтролирующим структурам. На некоторых месторождениях сурьмяная минерализация проявлена более разнообразно. Так, в золото-сульфидных рудах Суздальского месторождения, помимо гнездово-прожилковой кварц-карбонат-антимонитовой минерализации, фиксируются бертьерит, самородная сурьма, аурустибит, ульманнит, джемсонит и никелин. Минералами-носителями сурьмы являются арсенопирит, пирит и тетраэдрит. В ассоциации с этими минералами встречаются также высокопробное золото, пирротин, халькопирит, железистый сфалерит и рутил. Все они на месторождении представляют микропарагенезисы второго продуктивного золото-полисульфидного этапа рудоотложения. Сурьмяная минерализация приурочена не только к приповерхностным частям рудных залежей, но прослеживается и на глубокие горизонты. При наложении более поздней жильной кварц-антимонитовой минерализации на золото-полисульфидные руды Суздальского месторождения проявлены структуры корродирования и замещения: пирротина – антимонитом, халькопирита – бертьеритом, самородного золота – аурустибитом. В целом, развитие жильной кварц-антимонитовой минерализации, иногда пространственно обособленной от золото-сульфидных руд, может быть связано с процессами регенерации ранней сурьмяной минерализации при тектоно-магматической активизации.

2. Как показало изучение газово-жидких включений руд Суздальского месторождения, составы растворов жильной кварц-антимонитовой минерализации, формирующейся в условиях внутриминерализационных тектонических подвижек, наследуют основные геохимические характеристики растворов золото-полисульфидной минерализации, формирование которой происходило на фоне постепенного понижения температур и давлений. Устанавливается два температурных режима формирования минерализации: для золото-полисульфидной – 418–300°C и более поздней сурьмяной – 280–200°C. Изотопный состав серы антимонита из различных золоторудных месторождений (Суздальское, Жерек, Жанан, Бакырчик и Дальний 1) имеет близкие значения в интервале $\delta^{34}\text{S}$ 2.5 ÷ – 3.8, что позволяет предполагать её глубинное происхождение.

3. На изученных золоторудных месторождениях ЗКЗП прямой зависимости между содержаниями Au и Sb не фиксируется. В собственно кварц-антимонитовых жилах самородное золото при микроскопических исследованиях не обнаруживается. Только при совмещении с вкрапленными золото-сульфидными рудами можно говорить о повышенной золотоносности сурьмяных руд и формировании микропарагенезисов Sb-содержащих минералов.

4. Микроструктурные наблюдения, временные соотношения минеральных парагенезисов и результаты изучения газово-жидких включений на Суздальском месторождении позволяют рассматривать сурьмяную минерализацию в рамках золото-полисульфидного этапа. Следует говорить о стадии антимонитовой минерализации, отделенной от собственно золото-полисульфидного этапа внутриминерализационными тектоническими подвижками и временем в 7 млн. лет. Возраст формирования золото-полисульфидного оруденения (248.3 ± 3.4 млн. лет) близок к процессам тектоно-магматической активизации в триасовое время и времени становления Семейтауской вулcano-плутонической структуры.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 13-05-00998; 12-05-01040).

Рудные узлы как продукты взаимодействия тектонических, магматических, седиментационных и метасоматических процессов

Кассандров Э.Г.

СНИИГГуМС, kassandrov@sniiggims.ru

Группировка магнетитовых скарново-гидросиликатных месторождений в рудные узлы является важнейшей закономерностью их образования и пространственного размещения. Рудо-локализирующие структуры, соответствующие узлам, подразделяются на овальные и линейные. Рудные узлы овальной формы сформировались в крупных кальдерах и брахиформных вулканотектонических депрессиях, линейные узлы – в приразломных и межразломных прогибах, вулканотектонических грабенах, протяженных синклинорных зонах рифтогенного типа с характерным островодужным вулканизмом. В центральной части многих узлов находятся интрузивные массивы, свидетельствующие о наличии длительно развивающихся очаговых структур. Железооруденение формировалось на ранней стадии их развития в тесной пространственной и генетической связи с контрастной риолит-базальтовой и непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формациями. В сиалических районах преобладают субщелочные породы дацит-риолитового ряда. От материнских магм путем ликвации происходит отщепление флюидных расплавов, резко обогащенных железом и другими элементами. Магматизм представляется как источник металлов, энергии, растворов и эксгаляций, а в интрузивной его форме – как основной рудопреобразующий фактор. На большинстве месторождений в связи с многофазностью интрузий устанавливается несколько этапов рудообразования и регенерации.

Рудоносная формация магнетитовых месторождений складчатых областей относится к вулканогенно-карбонатному типу и включает в себя рудные пачки, являющиеся закономерными членами формации. В них сосредоточены основные рудные тела месторождений. Седиментация и диагенез выступают как важнейшие рудоконцентрирующие факторы. Источником рудного вещества для седиментационного накопления, кроме магматического очага, рассматриваются глубинные магматические породы океанического дна, подвергшиеся зеленокаменному изменению при рециклинге, наземные и субмаринные фумарольно-сульфаторные поля и другие. По предварительным данным процесс массового привноса железа был одноактным, происходящим при формировании вулканогенно-осадочных руд в период деструкции участка земной коры.

В качестве главных факторов, преобразующих вулканогенно-осадочные руды, рассматриваются региональный и приразломный метаморфизм, включая пликвативные и дизъюнктивные нарушения пород и руд, контактовый метаморфизм и гидротермальный метасоматоз. Последний является одним из главных факторов в образовании богатых и легкообогащаемых железных руд. Для образования крупных и уникальных гидросиликатно-скарновых магнетитовых месторождений в осадочно-вулканогенных толщах складчатых областей особенно важны два обстоятельства. Во-первых, совмещение в пределах одного месторождения разноформационного оруденения: вулканогенно-осадочного, гидротермально-метасоматического и магматического. Во-вторых, достаточно длительное сохранение стабильных тектонических условий и поступления рудного вещества из магматического очага или иных источников.

Таким образом, рудные узлы – это, прежде всего, благоприятные структуры, в которых взаимодействуют тектонические, магматические, седиментационные и метасоматические системы, приводящие к образованию компактных групп месторождений. Индивидуальность каждого узла и, вместе с тем, их генетическое сходство подтверждается построенной геохимической моделью. Многофакторная модель рудных узлов является научной и методической основой для локального прогноза, переоценки известных объектов, поисков новых месторождений и рудных тел. Она апробирована на рудных узлах и месторождениях Алтае-Саянской, Байкальской горных областей и Алданского щита. Групповая концентрация месторождений в рудном узле позволяет осваивать их единым ГОКом.

Зависимость металлогенического профиля надсубдукционных зон от угла погружения слэба

Кига́й И.Н.

ИГЕМ РАН, kigai@igem.ru

В настоящее время представляется очевидным, что крутизна погружения слэба океанической коры в зоне субдукции зависит от плавучести участка океанической коры, вовлекаемого в погружение. Возможные металлогенические следствия для Чили и Боливии ранее уже рассматривал Б. Леманн (Lehmann, 2004). Легкие участки океанической коры, высоко выступающие над донной равниной, представлены гайотами, симаунтами, хребтами и обширными плато.

Относительная скорость погружения слэба зависит в основном от двух причин: (а) от скорости спрединга в срединно-океаническом хребте и (б) от направления субдукции относительно направления вращения Земли. Вторая причина требует дополнительных объяснений. При субдукции океанической плиты в восточном направлении (например, при поддвиге Тихоокеанской плиты под Американские континенты) приливные силы действуют на континент как задерживающая сила, направленная против вращения Земли, и поэтому вектор приливных сил и вектор смещения слэба направлены навстречу друг другу, ускоряя взаимное перемещение океанического слэба и континентальной массы. В случае субдукции той же плиты в противоположном направлении, под Азиатский континент, указанные векторы направлены в одну сторону, что уменьшает скорость взаимного перемещения плит и даже создает временами возможность раскрытия континентальных прибрежных рифтов с образованием окраинных морей и островных дуг. В результате такой асимметрии в скоростях субдукции, бывший Срединно-Тихоокеанский хребет резко сместился к востоку и превратился в Восточно-Тихоокеанский, причем ось хребта погрузилась под Северную Америку.

Когда к зоне погружения подходит стандартный низменный участок океанической коры, он обычно погружается под довольно крутым углом 40–45°. Погружение такого слэба происходит под действием веса самой плиты и под влиянием мантийной конвекции. Как показывают данные сейсмотомографии для Восточно-Азиатского региона, меловой и кайнозойский слэбы Тихоокеанской плиты погрузились вплоть до границы мантии и верхней коры, не испытывая до значительных глубин верхней мантии заметного плавления. Насыщенные водой океанические осадки и базальты этих слэбов должны были по мере погружения и метаморфизма высвободить воду – как поровую, так и конституционную воду слюд, амфиболов и серпентинов. Под влиянием образующихся флюидных потоков, в пределах мантийного клина, сложенного деплетированным мантийным веществом, могли формироваться расплавы базальтов и андезитов, умеренно обогащенные халькофильными металлами – Zn, Pb, Cu, а также золотом и серебром. В вышележащей сиалической коре под действием этих флюидов могли формироваться гранитоидные магмы, обогащенные оловом, вольфрамом, бором и некоторыми редкими элементами, которыми обогащены осадочные породы коры. Этому полностью соответствует металлогенический профиль Приморья и отделившихся от него в миоцене Японских островов.

В то же время, если к зоне субдукции подходит плавучее океаническое плато, то субдукция будет происходить под очень пологим углом, примерно 20–25°. Такая плита будет внедряться в литосферу между корой и мантийным клином. Её движение будет обеспечиваться мантийной конвекцией и приливными силами. Если такая плита поддвигается в восточном направлении, то её ускоренная субдукция и вызванное этим повышенное давление и трение будут приводить к плавлению самого вещества субдуцируемой плиты (для Америки это подтверждается данными сейсмотомографии). В результате в кору надсубдукционных зон поднимаются обогащенные водой и металлами гранодиоритовые и монцонитовые магмы, продуцирующие медно-молибден-(±Au)–порфириновые месторождения (Sillitoe, 1972). Благодаря этим месторождениям США и западные страны Латинской Америки обладают львиной долей запасов и производства меди и молибдена.

На востоке России для поисков и разведки медно-порфириновых месторождений благоприятны в основном участки Колымо-Чукотского региона, который до юрской коллизии с Сибирским кратоном представлял собой сложный коллаж микроконтинентов и террейнов, некогда служивших частью Северо-Американской плиты. В этом регионе уже обнаружены медно-порфириновые месторождения (Лора и Песчанка). Находки крупных и типичных медно-порфириновых объектов на юге Хабаровского края, в Приморье и Японии маловероятны.

Концепция строения латеритной коры выветривания, прогноз и открытие новых рудных провинций

Колдаев А.А.

ИГГ АН РУз, *koldaev@mail.ru*

Классическим примером формирования плиоцен-четвертичного латеритного профиля выветривания, развивающегося на ультрабазитах, является о-в Куба. Латериты покрывают около трети суши Земли, но условия и процессы их формирования все еще обсуждаются (Dequincly et. al., 2002). К настоящему времени признается развитие современных процессов латеритного выветривания в нижних частях профиля латеритной коры выветривания (ЛКВ) на границе реголита и бедрока с продвижением фронта выветривания вниз (Ollier et. al., 1995; Bland et. al., 1998); полифазность происхождения железистых или глиноземистых конкреций переотложенных продуктов выветривания (ППВ): (in situ или переотложение) (Bardossy et. al., 1990); связь феррикрета с вертикальным и латеральным движением железа (Ollier et. al., 1995).

Согласно концепции формирования современной формации латеритного типа эта формация развивается и сохраняется только под отложениями незавершенной ритмической серии осадков (без угленакопления) (Колдаев, 2005). Показано, что ППВ, залегающие на образованиях современной ЛКВ, содержат почвенно-осадочные образования с тубчатymi, альвеолярными ризоконкрециями, образованными за счет транспирации корнями растений из древних латеритных почв соединений Fe, Mn и Al в условиях аридного климата. Разрушение и переотложение ризоконкреций приводит к формированию бобово-пизолито-охристых пород с дальнейшим обособлением бобовин, пизолитов в отдельные горизонты и цементацией их в на железистую кирассу (о-в Куба), предохраняющую современные ЛКВ ультрабазитов от размыва (Колдаев, 1992). Глубина проникновения новообразований (ризоконкреций) ограничивается зоной сапролита, который на момент развития корней, представлял собой бедрок, препятствующий развитию корневой системы вглубь. Позднее, породы субстрата (бедрок) выветривались с формированием зоны охр и сапролита современной ЛКВ.

Если на о-ве Куба мы видим железистые ризоконкреции, то в латеритных бокситах Амазонского бассейна, Бразилии. Суринама, Уганды и др. отмечаются стержнеподобные, корнеподобные, столбообразные и трубчатые структурные элементы (ризоконкреции) вертикальной ориентации, диаметром 5–15 см сложенные тонкодисперсным глиноземом (Bardossy et. al., 1990; Valeton, 1994 и др.). Переотложение глиноземистых ризоконкреций приводило к образованию оолитовых, пизолитовых конкреций с цементацией их в бокситы.

Зона контакта осадочного слоя с ризоконкрециями и бедрока представляла собой плотик (твердое основание) на котором, в процессе седиментации, накапливались скопления минералов (шлиха), элементов устойчивых к процессам выветривания. Выявление фациальных особенностей почвенно-осадочных образований латеритного профиля выветривания, способствует обнаружению в их составе различных полезных ископаемых (минералов благородных металлов, акцессориев, драгоценных камней и пр.).

Таким образом, современная ЛКВ формируется и сохраняется только под более древними осадками; на границе бедрока (субстрат современной ЛКВ) и ППВ происходит концентрация минералов и элементов, устойчивых к процессам выветривания.

Литература

Dequincly O., Chabaux F., Clauer N., Sigmarsson O., Liewig N., Leprun J.C. Chemical mobilizations in laterites: Evidence from trace elements and ^{232}U - ^{234}U - ^{230}Th disequilibria. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2002. Vol.66. No.7. P.1197–1210.

Ollier C.D., Pain C. *Regolith, soils and landforms*. Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore. 1995. 364 p.

Bland W., Rolls D. *Weathering an introduction to the scientific principles*. London, 1998. 271 p.

Bardossy G., Aleva G.J.J. *Lateritic bauxites*. Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo. 1990. 694 p.

Колдаев А.А. Кирасса и латеритные коры выветривания // Геол. рудных месторождений, 1992. №6. С.99–103.

Колдаев А.А. Современная перерывная формация латеритного типа // Строение, геодинамика и минерагенические процессы в литосфере. Труды Международной конференции. Тез. докл.-Сыктывкар, 2005. С.137–140.

Valeton I. *Element concentration and formation of ore deposits by weathering*. *Catena*. 1994. Vol.21. P.99–129.

Крупные золоторудные месторождения Узбекистана: минерально-геохимический стиль и закономерности формирования

Конеев Р.И., Халматов Р.А.

Национальный Университет Узбекистана, *ri.koneev@gmail.com*,
r.khalmatov@yahoo.com

Все крупные промышленные месторождения золота Республики Узбекистан являются гидротермальными и располагаются в пределах Южно-Тяньшанского орогенического и Бельтау-Кураминского вулcano-плутонического поясов (А. Якубчук и др.). Формирование поясов связывается с субдукцией коры Туркестанского палеоокеанического бассейна под Казахстано-Киргизский микроконтинент, последующей коллизией и т.д. Крупные золоторудные месторождения образуют рудные районы – Кызылкумский (Мурунтау, Даугызтау, Амантайтау и др.), Нуратинский (Чармитан, Гужумсай и др.), Кураминский (Кочбулак, Кызылалмасай и др.). Они образовались в участках пересечения поясов сквозными (трансформными), глубинными, «анти-тяньшанскими» разломами, которые также обуславливают блоковое строение. В связи с этим, месторождения Кызылкумского и Нуратинского районов формировались в гипо-мезотермальных условиях гипабиссального уровня глубинности, Кураминского в эпи- мезотермальных близ-поверхностного уровня. Вмещающие породы представлены черными сланцами, граносиенитами, андезит-дацитовыми вулканитами, гранитами. Золотое оруденение сопровождается проплитизацией, березитизацией, аргиллизацией, которые создают стандартную физико-химическую обстановку для рудоотложения. Многочисленные определения абсолютного возраста метасоматитов и минералов Rb-Sr, Sm-Nd, Re-Os методами (Ю. Кемпе, Р. Морелли, Р. Селтманн, В. Коваленкер, Ю. Костицын и др.) свидетельствуют, что возраст основного периода рудоотложения на всех месторождениях приходится на 280–290 млн. лет и совпадает со временем гранитоидного магматизма. Изучение газово-жидких включений, изотопов S, C, O различными авторами показывает, что рудообразующий флюид формировался в результате смешения растворов мантийного, корового, метаморфогенного и др. происхождения. На участие в рудообразовании глубинных источников указывают присутствие в рудах Te, Hg, платиноидов; наличие abiогенного углерода, самородных металлов, карбидов. Ряд исследователей рудообразование связывают с мантийными плюмами (Р.Селтманн, Т.Далимов и др.).

Многолетние исследования золотых руд месторождений Узбекистана показывают, что как и на всех золоторудных объектах мира (А.А.Кременецкий, Д.В.Рундквист и др.), независимо от вмещающей среды, проявлен последовательный зональный ряд геохимических парагенезисов: /Au-W/Au-As/Au-Te/Au-Ag/Au-Sb/Au-Hg/, каждому из которых соответствуют определенная ассоциация минералов, соединение золота и его микро-наноансамбли. Но формационный тип и промышленный ресурс крупного месторождения, в зависимости от геодинамической позиции, уровня глубинности и эрозионного среза, определяет совмещение от двух до шести парагенезисов, при постоянном присутствии Au-As, которая отделяется от последующих ассоциаций внедрением даек.

При формировании крупных месторождений золота Узбекистана обычно соблюдаются следующие условия: 1) Наличие региональных или глобальных геодинамических структур – орогенические, вулcano-плутонические пояса и др.; 2) Узловой характер размещения месторождений в участках пересечения поясов глубинными, рудоконцентрирующими разломами (наличие мантийных плюмов); 3) Совмещение минеральных ассоциаций стандартного, зонального геохимического ряда /Au-W/Au-As/Au-Te/Au-Ag/Au-Sb/Au-Hg/. Чем крупнее и менее эродировано месторождение, тем полнее ряд; 4) На крупных месторождениях особенно значительны масштабы проявления ранней Au-As пирит-арсенопиритовой минерализации с невидимым нанозолотом; 5) Источником золота и сопутствующих рудных элементов в основном была мантия (кларк Au-0.17 г/т) с участием корового вещества при формировании ранних, додайковых гидротермально-метасоматических ассоциаций; 6) Чем больше количество и разнообразнее состав золота и его микро- и наноансамблей, тем больше масштабы золотого оруденения.

Норильские месторождения: основные проблемы геологии и генезис

Криволицкая Н.А.

ГЕОХИ РАН, *nakriv@mail.ru*

Введение. Норильская металлогеническая провинция была открыта в 30-ые годы прошлого столетия и с тех пор привлекает исследователей необычными особенностями строения и состава распространенных в ее пределах месторождений. Ее медно-никелевые раннетриасовые руды связаны с маломощными интрузивными телами в отличие от аналогичных месторождений, локализованных в пределах крупных плутонических комплексов протерозойского возраста. Пространственная и геохимическая близость базальтов и интрузивов района, являющегося частью Сибирской трапповой провинции, ставит вопрос о генетической связи этих образований, предполагая образование уникальных руд в условиях либо закрытой (Годлевский, 1959; Дюжиков и др., 1988; Лихачев, 2006), либо открытой магматической систем (Радько, 1991; Naldrett, 1992). Установление механизма формирования руд во многом определяет успешность проведения поисковых работ с целью обнаружения новых объектов.

Фактический материал. При проведении исследований решались основные проблемы: 1) определение исходных составов расплавов разных типов магматических пород и их эволюция в пространстве и времени; 2) установление временных взаимоотношений между лавами и рудоносными интрузивами; 3) выяснение роли контаминации расплавами вмещающих пород в образовании руд; 4) оценка предполагаемых источников магм. В работе использовались следующие методы изучения пород и минералов: XRF, LA-ICP-MS, EPMA, SIMS, а также термобарометрические исследования для магматических включений в оливинах.

Установлено, что развитие магматизма началось в пределах Енисей-Хатангской палеорифтовой зоны, где установлены субщелочные, пикритовые наиболее примитивные в районе мантийные расплавы, а также и сильно обогащенные толеитовые базальты. Конец рифтогенного этапа совпал с началом развития основного траппового толеитового магматизма, центр которого располагался к востоку от Норильского района. Таким образом, в ранненадеждинское время существовало одновременно два очага – на западе и востоке территории, продукты которых чередуются в разрезах туфо-лавовой толщи в районе Хантайско-Рыбнинского вала. Рудоносные интрузивы норильского комплекса были сформированы в посленадеждинское время в результате самостоятельного магматического импульса, что продемонстрировано на примере взаимоотношений Южно-Масловского интрузива с лавами, а также путем сопоставления геохимических особенностей эффузивов и интрузивов. На примере детального изучения контактовых зон Масловского и ЮЗ ветви Талнахского интрузивов (их петрографии, геохимии, включая редкие и радиогенные элементы, а также изотопы серы) продемонстрировано, что процессы ассимиляции либо были развиты в узких зонах, либо отсутствовали и на рудообразование не влияли.

Закключение. На основании полученных данных сделан вывод о длительном процессе накопления металлов в пределах палеорифтовой зоны (возможно, начиная с протерозоя), постепенного их концентрирования в ходе метаморфических процессов в нижней коре и мобилизации и выносе к поверхности трапповыми магмами.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН № 9, Научной школы (НШ-3919.2012.5).

Литература

- Годлевский М.Н. Траппы и рудоносные интрузии. М: Госгеолтехиздат. 1959.
- Дюжиков О.А., Дистлер В.В., Струнин Б.М. и др. Геология и рудоносность Норильского района. М: Наука, 1988.
- Радько В.А. Модель динамической дифференциации интрузивных траппов северо-запада Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1991. №11. С.19–27.
- Лихачев А.П. Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения. М: Элан, 2006.
- Naldrett A.J. A model for the Ni-Cu-PGE ores of the Noril'sk region and its application to other areas of flood basalts // Econ.Geol. 1992. V.87. P.1945–1962.

Золоторудные проявления западного склона Полярного и Приполярного Урала

Кузнецов С.К.¹, Тарбаев М.Б.², Майорова Т.П.¹, Сокерина Н.В.¹,
Шайбеков Р.И.¹

¹ИГ Коми НЦ УрО РАН, kuznetsov@geo.komisc.ru;

²Управление по недропользованию по РК

На Полярном и Приполярном Урале известны золоторудные месторождения и проявления, локализованные в породах разного состава и возраста (Водолазская, 1996; Силаев, 1996; Тарбаев и др., 1996; Кузнецов и др., 2004 и др.). Несмотря на их относительно хорошую изученность многие вопросы, касающиеся эволюции рудообразования, источников рудных компонентов, остаются неясными.

Наиболее широко развиты гидротермальные золото-сульфидно-кварцевые, золото-сульфидные проявления. К ним, в частности, относятся Верхненяюское и Нияхойское на Полярном Урале, Караванное и Синильга на Приполярном Урале. Рудные тела представлены жилами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Золото находится в тесной ассоциации с пиритом, арсенопиритом, галенитом, халькопиритом и сфалеритом. В пирите и арсенопирите оно наблюдается в виде мельчайших включений субмикронного размера.

Золото, сульфиды и минералы палладия отмечаются в ультрабазитах и хромовых рудах Полярного Урала. В северной части Войкаросынинского массива в клинопироксенитах и верлитах находится проявление Озерное, для которого характерна наложенная на породы минерализация, в состав которой входят сульфиды меди и никеля, золото, минералы палладия, платины, теллура, висмута. Кроме того, сульфиды никеля, золото и минералы палладия установлены нами в хромовых рудах Кершорско-Лагортинской площади.

Хорошо известны палладий-золото-фукситовые проявления Чудное и Нестеровское в Кожимском районе Приполярного Урала. Эти проявления локализованы в зоне межформационного контакта уралит и доуралит в позднерифейско-вендских риолитах и позднекембрийско-раннеордовикских кварцито-песчаниках, гравелитах и конгломератах. Золото и минералы палладия сосредоточены в секущих вмещающие породы тонких фукситовых прожилках. В последние годы в кварцевых гравелитах в подобной геологической обстановке значительно южнее указанных объектов выявлено новое золото-фукситовое проявление Маяк. Нами в золоте этого проявления наряду с примесями серебра и меди установлен палладий.

В региональном плане пространственное размещение золоторудных проявлений контролируется разрывными нарушениями субмеридионального простирания. Большинство проявлений сосредоточено в породах рифея, венда и, отчасти – раннего ордовика. Формирование рудной минерализации происходило в послеордовикское время в связи с широким проявлением гидротермальных процессов в условиях тектонической активизации региона и проявления процессов регионального метаморфизма. Присутствие в золоте примесей меди, палладия, ассоциация золота с минералами палладия свидетельствуют о важной роли базальтоидного магматизма.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-С-5-1006 и программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 27, проект № 12-П-5-1027.

Литература

Водолазская В.П., Берлянд Н.Г., Котов К.Н. и др. Кожимская область тектоно-магматической активизации и ее золотоносность // Руды и металлы. 1996. №4. С.16–28.

Кузнецов С.К., Тарбаев М.Б., Майорова Т.П. и др. Благородные металлы западного склона севера Урала и Тимана. Сыктывкар: Геопринт, 2004. 46 с.

Силаев В.И. Коренная золотоносность Полярноуральского региона // Руды и металлы. 1996. №5. С.5–17.

Тарбаев М.Б., Кузнецов С.К., Моралев Г.В. и др. Новый золото-палладиевый тип минерализации в Кожимском районе Приполярного Урала // Геология рудных месторождений. 1996. Т.38. С.15–30.

Особенности химизма хромитоносных гипербазитов Эргакского массива.

Лоскутов И.Ю., Долгушин С.С.

ФГУП СНИИГГиМС, ilia63@mail.ru

Отсутствие общепринятой модели образования хромовых руд альпинотипных гипербазитов, неоднозначность немногочисленных поисковых критериев локализации оруденения, подтолкнули нас к созданию комплексного петрохимического показателя (дискриминатора хромитоносности) прогноза перспективных площадей на хромититы в пределах серпентинизированных гипербазитовых тел (Лоскутов, Велинский, 1989). С его использованием было подсечено непромышленное хромитовое оруденение на Тогул-Сунгайском массиве Салаирского кряжа и выполнена общая оценка перспектив ряда тел (Лоскутов, 2010).

Поисковые работы на хромититы в Верхне-Амыльском районе в начале этого века позволили по новому взглянуть на особенности строения двух ультрабазитовых массивов — Эргакского и Калнинского – общая площадь которых превышает 100 км² (Забияка, 2008). Обнаруженные в разное время рудопроявления хромитов локализованы в определенных частях гипербазитовых тел.

Нами, на основе вышеупомянутого метода, показана изменчивость дискриминатора хромитоносности в разрезе пород Эргакского массива (рис.1).

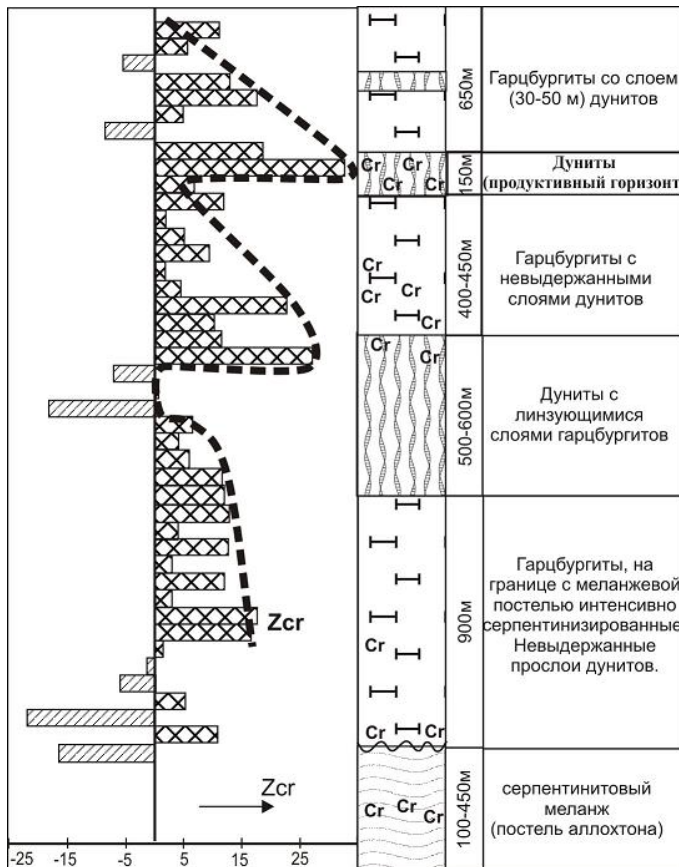


Рис.1. Характер изменения дискриминатора хромитоносности в разрезе (Забияка, 2008) пород Эргакского массива.

Литература

Забияка А.И. Верхнеамыльский хромитоносный район // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Вып.9. Красноярск, 2008. С.193–205.

Лоскутов И.Ю., Велинский В.В. Петрохимические критерии оценки хромитоносности альпинотипных гипербазитов // Геол. и геофиз. 1989. №12. С.60–70.

Лоскутов И.Ю. Петрохимический метод поиска хромитовых руд в альпинотипных серпентинитах // Геология и минерагения Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2010. С.129–133.

Позднепалеозойская Восточно-Саянская редкометальная щелочно-гранитная металлогеническая зона

Лыхин Д.А., Козловский А.М.

ИГЕМ РАН, liha@igem.ru

На территории юго-восточной Тувы и северо-западной Монголии в пределах Сангиленской части Тувино-Монгольского микроконтинента, Озерной и Хамсаринской зон ранних каледонид Центрально-Азиатского складчатого пояса широко распространены массивы щелочных гранитов, нефелиновых и кварцевых сиенитов и вулканические толщи с участием их излившихся аналогов: трахитов, пантеллеритов и мариуполитов. Некоторые из этих проявлений несут редкометальную (Ta, Nb, REE, Zr, Be, Li) минерализацию, в том числе достигающую промышленных масштабов – месторождения Улуг-Танзек, Улан-Тологой, Тостыг, Соль-Бельдыр, Снежное. Однако существует ли вещественная или временная связь как между проявлениями магматизма с редкометальной минерализацией, так и без нее на сегодняшний день надежно не установлено. Сравнение редкоэлементного состава щелочных гранитоидов, представляющих собой Ta-Nb руды месторождений Улуг-Танзек, Улан-Тологой и Снежное, показывает, что все породы имеют близкую геохимическую специализацию. Для них типичны повышенные концентрации Th, U, Nb, Ta, Pb, Zr, Hf, REE и низкие содержания Sr, Ba, Ti, P и Eu ($Eu/Eu^* = 0.03$). Они характеризуются близкими нормированными концентрациями LREE и HREE, хотя некоторые породы могут быть существенно обогащены или первыми или вторыми. Средние значения суммы REE в них составляют: Улуг-Танзек – 335 г/т, Улан-Тологой – 443 г/т и Снежное – 305 г/т. Содержания Ta и Nb на Улуг-Танзек – 127 и 1187 г/т, Улан-Тологой – 128 и 1021 г/т и Снежном – 576 и 670 г/т. На дискриминационных петрохимических диаграммах $Zr+Nb+Ce+Y-(K_2O+Na_2O)/CaO$ и $Zr+Nb+Ce+Y-FeO/MgO$ щелочные гранитоиды этих месторождений попадают в поле составов гранитов А-типа, а на диаграммах Nb-Y, Rb-(Y+Nb) и Ta-Yb в поле составов внутриплитных гранитов (WPG). До недавнего времени возраст этих месторождений, определённый в лучшем случае K-Ar методом, оставался дискуссионным. В последние годы появились новые надёжные геохронологические данные, позволившие установить возраст Улуг-Танзекского месторождения 301 ± 3 млн. лет (Ярмолюк и др., 2010), Снежного – 306 ± 5 млн. лет (Ярмолюк и др., 2011), Улан-Тологойского – 298 ± 3 млн. лет (наши неопубликованные данные). Близкий возраст – 304 млн. лет имеют щелочные литий-фтористые граниты и сиениты с повышенными содержаниями Zr, Nb, Ta, Li, Th, REE в пределах Окинской части Восточного Саяна (Рассказов и др., 2003) и ряд массивов щелочных сиенитов и гранитов в Тувинской части Восточного Саяна – 293 ± 4 млн. лет и 297 ± 4 млн. лет (Сугоракова и др., 2011). Таким образом, редкометальный, в том числе промышленных масштабов, щелочно-гранитный магматизм с близкой геохимической специализацией проявился в коротком промежутке времени 306–293 млн. лет на обширной территории, центром которой являются хребты Восточного Саяна. Это дает основание для выделения позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометальной щелочно-гранитной металлогенической зоны, специализированной на Nb, Ta, Be, Zr, Th, REE. Ее контуры определяются границами поля распространения щелочных гранитоидов. В целом это поле имеет простираение ЮЗ-СВ протяженностью порядка 700 км и пересекает границы разных структурно-формационных зон.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ 12-05-00533 и 12-05-33096-мол_а_вед.

Литература

Ярмолюк В.В., Никифоров А.В., Сальникова Е.Б. и др. Редкометальные гранитоиды месторождения Улуг-Танзек (Восточная Тува): возраст и тектоническое положение // Докл. РАН. 2010. Т.430. №2. С.248–253.

Ярмолюк В.В., Лыхин Д.А., Шурига Т.Н. и др. Возраст, состав пород, руд и геологическое положение бериллиевого месторождения Снежное: к обоснованию позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометальной зоны (Россия) // Геол. рудн. мест. 2011. Т.53. №4. С.390–400.

Рассказов С.В., Масловская М.Н., Скопинцев В.Г. и др. Позднепалеозойские субщелочные и редкометалльные гранитоиды юго-восточной части Восточного Саяна (геохимические характеристики и Rb-Sr-изотопная систематика) // Геология и геофизика. 2003. Т.44. №11. С.1133–1144.

Сугоракова А.М. Ярмолюк В.В., Лебедев В.И. и др. Позднепалеозойский щелочногранитный магматизм Тувы и его связь с внутриплитной активностью в пределах Сибирского палеоконтинента // Дан РАН. 2011. Т.439. №5. С.641–647.

Эволюционная модель эндогенного уранового рудобразования и перспективы выявления новых рудных районов

Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н.

ФГУП «ВИМС»

1. Прогнозирование и поиски рудных месторождений, как правило, базируются на обширных комплексах эмпирических факторов рудообразования для того или иного геолого-промышленного типа руд. В то же время очевидно, что эти факторы во многом отвечают конкретным структурно-формационным обстановкам и не могут напрямую применяться в других геологических ситуациях и регионах. Очевидно, необходимо определение комплекса ведущих факторов возникновения и функционирования рудообразующих систем, который может использоваться в качестве базового при прогнозировании рудных объектов в разнообразных геологических условиях, в том числе в малоизученных регионах. Наиболее актуален подобный подход для урановых объектов, поиски которых, в связи со значительной изученностью поверхности, должны иметь глубинный характер, нацеливаясь на выявление скрытых объектов.

2. Для выявления урановорудных районов и рудных узлов в разнотипных геологических обстановках наиболее целесообразна эволюционно-геологическая модель, базирующаяся на ведущих, «сквозных» факторах рудообразования, не зависящих от второстепенных особенностей конкретных условий проявления продуктивных процессов.

Предлагаемая базовая модель рудообразующей системы проявлена практически во всех крупных урановорудных районах мира с эндогенным оруденением (Эльконский, Стрельцовский, Центрально-Украинский, Аллигейтор-Риверс, Атабаска и др.). Модель включает рудоподготовительный и собственно рудообразующий этапы, каждому из которых свойственны свои геодинамические, структурно-формационные и минерогенические особенности.

3. Рудоподготовительные процессы связаны с формированием и развитием древних гранито-гнейсовых купольных структур в условиях конструктивного геодинамического режима. В процессе их становления происходило первичное накопление урана (до $n=10-3\%$) в гранитизированных толщах и в более поздних постгранитизационных K-Si метасоматитах. В результате создавалась масштабная «породная» геохимическая база непромышленных концентраций урана, которая могла служить его источником в ходе последующих эндогенных или гипергенных процессов. Минерогения этих ранних этапов не ограничивалась ураноносностью, а включала целый ряд и других элементов (Th, TR, Mo, W, Sn, Fe, и др.).

4. Собственно рудообразующий этап связан с тектоно-магматической активизацией (ТМА), проявленной в деструктивных геодинамических условиях. Так, в районе Атабаска ТМА выражена формированием крупной тафrogenной депрессии, рассеянным рифтогенезом и возникновением в гренвильскую эпоху поясов даек основного состава. На Алданском щите деструктивный характер активизации проявился в мезозое подновлением зон древних разломов и образованием комплекса щелочноземельных и щелочных малых интрузий и даек.

Важнейшим звеном рудообразующего этапа является интенсивное развитие гидротермально-метасоматических процессов щелочного и кислотного характера. Собственно урановое рудообразование происходило вслед за формированием метасоматитов. При этом процессы кислотного характера сопровождались образованием месторождений с преимущественно настурановым оруденением, а щелочного – настуран-браннеритовым.

5. Таким образом, формирование крупных эндогенных месторождений происходило при совмещении в определенном геологическом пространстве последовательного ряда процессов: рудоподготовительных, связанных с развитием гранито-гнейсовых куполов как центров проявления полихронной гранитизации и калий-кремниевое метасоматоза, что сопровождалось привнесением огромных масс урана, тория и других компонентов; предрудных и рудообразующих в эпохи ТМА, сопровождавшихся возникновением масштабных тектонических систем повышенной проницаемости, интенсивным проявлением гидротермальных процессов, перераспределением урана и сопутствующих элементов с заимствованием их из специализированных комплексов пород и образованием крупных промышленных концентраций на дегазационно-геохимических барьерах. На территории России подобные обстановки с установленной ураноносностью отмечаются во многих районах, главным образом в Сибири и на Дальнем Востоке. Такие районы заслуживают проведения дальнейших специализированных прогнозно-металло-генических исследований и поисковых работ, нацеленных на выявление крупных эндогенных урановых объектов.

Перспективы создания нового горнопромышленного кластера в Заполярье: уникальность Томтора и инфраструктурное обеспечение

Мелентьев Г.Б.¹, Самонов А.Е.²

¹ОИВТ РАН, *melent_gb@mail.ru*; ²ИГЕМ РАН, *aesam@igem.ru*

В настоящее время очевидна необходимость оперативного вовлечения в промышленное использование природных и техногенных источников редких и редкоземельных металлов. В качестве объекта первоочередного освоения авторы рекомендуют суперкрупное Томторское месторождение высококомплексных и богатых железисто-алюмофосфатно-редкометалльных руд на СЗ Республики Саха-Якутия. Оно локализовано в пределах субмеридионального Уджинского палеорифта, разделяющего Анабарское и Оленекское поднятия. По параметрам редкометалльных и сопутствующих им ресурсов Томтор превосходит месторождение Араша в Бразилии, освоение которого за счет прямых зарубежных инвестиций позволило монополизировать мировой рынок феррониобия и ниобия. Однако, в отличие от Араша, руды Томтора, не имеющие аналогов в России и за рубежом, представляют собой остаточный продукт естественного обогащения минералами тяжелой фракции коры выветривания карбонатитов в результате ее перемива и переотложения, т.е. фактически коллективный природный концентрат. В результате он аномально обогащен пироксеном, минералами-концентраторами железа, РЗМ с преобладанием элементов наиболее дефицитной среднетяжелой группы и иттрия, а также скандия, алюмофосфатов и других особо ценных компонентов. Все это открывает возможности и перспективы получения феррониобия, необходимого, прежде всего, для производства труб большого диаметра, фосфатного сырья и удобрений в объемах, сопоставимых с хибинскими, и, наконец, для возрождения и организации производств РЗМ, иттрия, скандия и другой высоколиквидной продукции. Перспективность его поэтапного освоения обеспечивается не только уникальностью сырья, но и возможностями использования этого месторождения в качестве эпицентра нового горно-химико-металлургического кластера в Заполярье, подобного Кольскому и Норильскому. Эти возможности обосновываются с инновационных ресурсно-технологических, энергетических и логистических позиций. Оперативное освоение Томторского месторождения предусматривает перевод его из разряда пассивного государственного резерва в активный за счет создания складированных и легкодоступных запасов минеральных концентратов и конечной химико-металлургической продукции стратегического значения, т.е. в соответствии с современной зарубежной практикой. Разнообразие и широкий ассортимент полезных компонентов в рудах ориентируют на разработку и использование для их селективного извлечения каскадных обогатительно-передельных схем, включающих пирохимические и кислотные, т.е. преимущественно физико-химические методы. Соответственно, государственные и частные инициативы, необходимые для организации государственно-частного партнерства при освоении Томтора и его инфраструктурного обеспечения, должны предусматривать привлечение отечественных и зарубежных инвесторов, заинтересованных в производстве и реализации высоколиквидной продукции востребованного профиля.

Ресурсный потенциал Анабаро-Уджино-Оленекской площади включает россыпные месторождения алмазов, частично эксплуатируемые предприятиями «Алроса», рудопоявления благородных металлов, меди, никеля и титана, а также разведанные месторождения каменного и бурого угля, богхедов, нефти и горючих сланцев. Таким образом, эта территория обладает собственной энергетической базой, необходимой для создания здесь нового горнопромышленного кластера. Однако она остается слабо изученной геологами, о чем, в частности, свидетельствует отсутствие информации о коренных источниках алмазов, благородных и цветных металлов. По мнению авторов, эта территория заслуживает включения в перечень центров экономического развития (ЦЭР), выделяемых МПР РФ в других регионах и сосредоточения здесь крупномасштабных НИР и ГРП. Приуроченность ее к бассейну субмеридиональных рек, впадающих в море Лаптевых, а также наличие автомагистрали от Мирного до Айхала (Удачного) и эксплуатируемых зимников, позволяют рассматривать будущий кластер как центр «берегового базирования» в восточной части Севморпути и российской Арктики.

Характерные особенности Восточно-Скандинавской металлогенической провинции

Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б.

ГИ КНЦ РАН, *felix@geoksc.apatity.ru*, *bayanova@geoksc.apatity.ru*

Ранняя палеопротерозойская (2.53~2.30 млрд. лет) базитовая мультиметальная провинция с месторождениями и рудопроявлениями Cr, Co, Ni, Cu, Pt, Pd, Ti, V занимает обширную (до 1 млн. км²) восточную часть Балтийского щита на Кольском полуострове, в финской Лапландии и в Карелии (Геология..., 2002; Precambrian..., 2005). Она состоит из внутриконтинентальных (энсиалических) рифтогенных осадочно-вулканогенных прогибов, многочисленных многофазных и дифференцированных (расслоенных) базитовых массивов пироксенит-норит-габбро-анортозитовой формации и дайковых роев, расположенных среди архейских мигматитовых доменов и гранулитовых обдукционных выступов. Формирование рудовмещающих базитовых интрузивов происходило в инициальную стадию континентального рифтогенеза (2.53~2.42 млрд. лет), в начальные этапы распада архейского суперконтинента Кенорленд. Рудномагматические комплексы формировались длительно и пульсационно (фазы 2515±10, 2490±10, 2470±10, 2450±10 млн. лет) со сменой бонинитовых (Si, Mg, Cr) магм на анортозитовые (Ca, Al, Ti), а их рудной специализации от Cr и Co+Ni+Cu к Pt+Pd и Ti+V. Плюмовый глубинно мантийный источник магм и руд обеспечил их изначальную фертильность – необычную обогащенность как сидерофильно-халькофильными, так и крупноионными литофильными элементами, что проявляется и в геохимии пород и в таких их изотопных характеристиках как $\epsilon_{Nd}(T)$, $J_{Sr} = Sr^{87}/Sr^{86}$, He^3/He^4 и пр. Рудные металлы в промышленных содержаниях установлены как син- так и эпигенетические, в контактовых и рифовых залежах, в пегматоидных телах и во флюидно-гидротермальных жилах, в том числе и в офсетных проявлениях.

Исследования обеспечиваются Грантом РФФИ-офи_м 13-05-12055.

Литература:

Геология рудных районов Мурманской области / под ред. Ф.П.Митрофанова, Н.И.Бичука. Апатиты, 2002.

Precambrian geology of Finland / Ed.M.Lehtinen, P.A.Nurmi, O.T.Ramo. Elsevier. 2005.

Геологический потенциал золота Пермского Края

Наумов В.А.¹, ЛеБарж Б.²

¹*Естественнаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, naumov@psu.ru*

²*Geoplacer Exploration Ltd., Канада*

1. Рудные проявления золота золотокварцевой, золотосульфидно-кварцевой и золотосульфидной формаций и рудами колчеданных месторождений, установлены на территории Пермского края. Золоторудные месторождения не выявлены.

2. Золотороссыпные месторождения, проявления и коры выветривания тяготеют к западным бортам и основанию аллювиальных свит Вишерско-Висимской и Чусовской мезозой-кайнозойских структурно-эрозионных депрессий западного Урала. Разработана гипотеза формирования россыпей золота, как эродированного «элювия» зоны надвига в посторогенный этап развития Уральской складчатой системы (Наумов и др., 2003; 2005; 2010).

3. Золото-гравийные объекты наиболее полно изучены на территории Пермского края (Наумов, 2011). Золото представляет собой попутный продукт добычи песчано-гравийных месторождений в долине р. Камы от п. Гайны до Воткинской ГЭС (15 месторождений и 8 проявлений); р. Чусовой от д. Коуровка до устья; на рр. Сылва, Ирень, Шаква, Бабка, Вильва, Усьва, Вижай (26 месторождений).

4. Золото в техногенных месторождениях имеет разные механизмы формирования, закономерности изменения содержания и вещественного состава. Сформулированы принципы механической, физико-химической и биохимической дифференциации и интеграции осадков и золота в процессе техногенеза, техногеогенеза и техногенного рудогенеза.

5. Зоны наложенной минерализации (метасоматиты и аргиллизиты) прослежены в золоторудных объектах Урала (Наумов и др., 2005; Баранников, 2006) и в осадочном чехле Восточно-Европейской платформы (Верхнекамская впадина) (Наумов и др., 2003; 2005; 2010). По категории P_2 выявлены прогнозные ресурсы золота – 5.6 т и платины – 0.15 т.

6. Золото-платиновые объекты черносланцевых толщ ожидают в пределах фэдотовской свиты верхнего рифея и промысловской серии ордовика (Наумов, 2010). Накопление золотоносных черносланцевых пород сопряжено во времени с формированием базальт-трахитриолитовых рифтогенных комплексов в смежных структурно-формационных зонах, разделенных поперечными разломами глубокого заложения.

7. Золото в солях Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей рассматривается как новая рудная формация благородных металлов в эвапоритовых толщах (Сметанников, Шанина, 2006). Проведены исследования по извлечению золота, минералого-химической характеристике шламов и техногенных образований (Наумов, 2010).

8. Золото в угли, как и в породы черносланцевых формаций поступает осадочным, эксфильтрационным и инфильтрационным путем (Середин, 2005). Определены концентрации золота в углях и золоотвалах. При размыве терригенных угленосных пород нижнего карбона в аллювии рр. Косьва и Чусовая установлены повышение концентрации свободного золота.

9. Золото в рассолах, нефтях и попутных водах. Повышенные концентрации золота в рассолах и нефтях 10 мг/м^3 установлены под соленосно-сульфатной толщей Прикаспийской синеклизы, на Сибирской платформе. Промышленные концентрации золота прогнозируются в терригенных коллекторах – корях выветривания девонского и нижнекаменноугольного возраста.

Литература

Баранников А.Г. Золотоносность Гогинского рудно-россыпного района (Южный Урал). УГГУ. Екатеринбург, 2006. 197 с.

Наумов В.А., Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. и др. Золото Верхнекамской впадины. Кудымкар-Пермь, 2003. 188 с.

Наумов В.А., Силаев В.И. и др. Золотоносная россыпь на реке Большой Шалдинке на Среднем Урале. Пермь, 2005. 92 с.

Наумов В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия: автореф. дисс. доктора геол.-мин. наук. Пермь, 2010. 42 с.

Наумов В.А. Минерагения и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия Урала и Приуралья. Пермь, 2011. 162 с.

Сметанников А.Ф., Шанина С.Н. Благородные металлы в солях Верхнекамского месторождения // Записки Российского минералогического общества. 2006. №3. С.61–65.

Золотоносность черносланцевых формаций Пермского края

Осовецкий Б.М., Наумов В.А.

*Естественнаучный институт Пермского государственного
национального исследовательского университета, opal@psu.ru,
naumov@psu.ru*

Нетрадиционным и малоисследованным типом золоторудных объектов на территории Пермского края остаются черносланцевые толщи, с которыми связываются определенные перспективы расширения минерально-сырьевой базы благородных металлов региона. В восточной части Восточно-Европейской платформы на территории Пермского края установлены рифей-вендские рифтовые и надрифтовые депрессии, ранне–среднепалеозойские пассивно-окраинные бассейны. Наибольший интерес вызывает Предуральский окраинно-континентальный бассейн, в пределах которого отмечена повышенная углеродистость и металлоносность (Гурская, 2000). Потенциальная золоторудная металлоносность прогнозируется среди углеродсодержащих пород федотовской свиты верхнего рифея и промышленной серии ордовика на Центрально-Уральском поднятии. Черносланцевые толщи представляют собой системы рудной концентрации благородных металлов из флюидогазовых систем (Мазеин и др., 2010). В зонах последующей пострудной переработки в пределах глубинных разломов в результате термического воздействия происходит локализация и укрупнение зерен и агрегатов, обеспечивающих благороднометалльную минерализацию.

На территории развития черносланцевых толщ по геофизическим данным выделены надинтрузивные зоны глубинных массивов основных, реже щелочных пород. В местах пересечения черносланцевых толщ с надинтрузивными зонами выявлены повышенные концентрации благородных металлов. Углеродсодержащие сланцы содержат рассеянную сульфидную вкрапленность в виде крупных кубических кристаллов пирита (0.5–3 см); встречаются многочисленные линзовидные охристо-кварцевые жилки.

Исследования золотоносности черносланцевых пород проведены разными методами: пробирный химико-спектральный, атомно-спектральный из хлороформенных и спиртобензольных вытяжек нерастворимого остатка, масс-спектральный с индуктивной связанной плазмой, электротермический атомно-абсорбционный после автоклавного разложения и сорбционного концентрирования элементов. Разница результатов анализов составляет десятки раз. Первичное выявление зон золоторудной концентрации проводится на основе гравитационного обогащения и выделения золота из дробленого материала. Из изученных проб отобраны и взвешены знаки золота, определен их химический состав, сделаны микрофотографии поверхности, выполнены рентгенофлуоресцентный, дифрактометрический и термический анализы проб сланцев, минералогический анализ состава тяжелой фракции по классам крупности.

В половине проб установлено присутствие золота, в части проб установлено высокое содержание. Золото высокопробное, серебристое, медистое, отмечены электрум и самородное серебро. Присутствует агрегатное золото, которое может иметь хемогенную природу.

Проведенный анализ результатов комплексного изучения ряда территорий Пермского края показывает, что черносланцевые толщи являются одними из наиболее перспективных золотоносных объектов промышленной значимости.

Литература

Гурская Л.И. ПлатинOMETалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.

Мазеин Д.В., Наумов В.А., Петухов С.Н. и др. Перспективы выявления месторождений золота и платины в черносланцевых толщах Пермского края // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Пермь, 2010. №13. С.228–233.

Связь металлогении урана с новейшими геодинамическими процессами в краевых частях Евразии

Печенкин И.Г.

ФГУП «ВИМС», pechenkin@vims-geo.ru

В последние десятилетия привлекла внимание тесная пространственная связь и взаимозависимость крупных рудоносных блоков Евразийского континента, вмещающих урановые месторождения песчаникового типа, с новейшими плейттектоническими процессами. Было обосновано представление о том, что формирование месторождений-гигантов Чу-Сарысуйской провинции обусловлено коллизией Индийской плиты с южной частью Евразии. При этом высказано предположение, что металл мог поступать из области максимальных стрессовых усилий, возникающих в местах активного соприкосновения коллизионных плит (Грушевой, Печенкин, 2003).

Экзогенная металлогения урана долгие годы развивалась сепаратно от эндогенной. Накопленный в конце XX века новый фактический материал позволяет предпринять попытку соединить экзогенную и эндогенную металлогению с позиций новейших геодинамических процессов на востоке и юге Евразии. Имеющиеся материалы свидетельствуют о существующей зональности рудных месторождений в пределах меридионального Тихоокеанского пояса, который захватывает восточную пассивную окраину Евразийского континента. На востоке преобладают «рядовые» эндогенные месторождения мезозойского возраста (Fe, Au, Cu, Mo, Sn, W и др.); западнее прослеживается меридиональная полоса эндогенных урановых месторождений, связанных с вулканогенно-тектоническими структурами (кальдерного или трещинного типа). На крайнем западе, в области затухания субдукционных процессов, выделяется Байкало-Южно-Китайский урановорудный пояс, контролирующий размещение инфильтрационных урановых месторождений, пространственно тяготеющих к областям молодого базальтового магматизма (Печенкин, Грушевой, 2009).

Рассматривая южное обрамление Евразийского континента (область коллизии Индийской плиты), мы отчетливо видим принципиальное сходство в положении инфильтрационных урановых месторождений Притяньшаньской мегапровинции со схемой развития субдукции Тихоокеанской плиты. В обоих случаях молодые инфильтрационные месторождения тяготеют к области затухания мощнейших геодинамических процессов. Вблизи области соприкосновения коллизионных плит размещаются эндогенные урановые объекты, но их величины (как эндогенных, так и экзогенных) на юге и востоке Евразийской плиты заметно разнятся. Масштаб инфильтрационных месторождений Притяньшаньской мегапровинции на порядок больше месторождений Байкало-Южно-Китайского рудного пояса. Объясняется это широкими областями транзита и многоярусными геохимическими барьерами, благоприятными для локализации урана из кислородсодержащих ураноносных вод, перемещающихся через меловые и палеогеновые отложения Туранской плиты и крупные впадины Южного Казахстана. Эндогенные урановые месторождения Тянь-Шаня значительно уступают по масштабу урановым объектам кальдерного и трещинного типа мезозойского возраста Тихоокеанского рудного пояса.

Приведенный материал свидетельствует о тесной пространственной связи части инфильтрационных урановых месторождений с эндогенными месторождениями урана, приуроченными к вулканогенно-тектоническим структурам. И те, и другие типы урановых месторождений укладываются в единую рудную металлогеническую зональность, которая целиком обязана глобальным геодинамическим процессам, протекающим в коре и мантии в краевых частях Евразийского континента.

Литература

Грушевой Г.В., Печенкин И.Г. Металлогения урана осадочных бассейнов Центральной Азии. М.: ВИМС, 2003.

Печенкин И.Г., Грушевой Г.В. Положение инфильтрационных урановых месторождений в пределах Тихоокеанского рудного пояса // Второй международный симпозиум. Уран: ресурсы и производство. Сб. трудов. М.: ВИМС, 2009. С.262–264.

Ультрамафит-мафитовые магматические комплексы и связанные с ними ЭПГ-Cu-Ni месторождения Восточно-Сибирской металлогенической провинции

Поляков Г.В.¹, Толстых Н.Д.¹, Мехоношин А.С.², Изох А.Э.¹,
Подлипский М.Ю.¹, Орсов Д.А.³, Колотилина Т.Б.²

¹ИГМ СО РАН, *tolst@igm.nsc.ru*; ²ИГХ СО РАН; ³ГИН СО РАН

Восточно-Сибирская металлогеническая провинция (ВСП) находится в южном обрамлении Сибирской платформы и включает в себя ультрамафит-мафитовые рудоносные интрузии с ЭПГ-Cu-Ni минерализацией, принадлежащие к дунит-перидотит-пироксенит-габбровой формации. К ним относятся Кингашская группа массивов в Канском докембрийском выступе, интрузии Алхадырского террейна в Бирюсинском блоке (Желос, Токты-Ой, Огнитский, Тартайский и др.) и Йоко-Довыренский плутон в Байкало-Патомском перикратонном прогибе.

Особенности состава рудоносных комплексов. Петрохимические и минералогеохимические исследования позволили выявить значительное сходство между рудоносными интрузиями ВСП: (1) единый тренд дифференцированных серий пород от лерцолитов до пироксенитов и габбро; (2) характер распределения РЗЭ с двух-десятикратным обогащением легкими РЗЭ; (3) повышенные концентрации ЭПГ с преобладанием Pd над Pt, отношение $(Pd+Pt)/(Os+Ir+Ru+Rh)$ составляет 10–15; (4) повышенные концентрации TiO_2 (3–4%) в хромшпинелидах; (5) никелистая специализация сульфидных руд с преобладанием высокожелезистого пентландита, в котором Fe/Ni достигает 1.71; (6) сходство платинометальной минерализации, включающей Ir-содержащий сперрилит и минералы Pd с примесями Ni и Cu. Это свидетельствует о генетической общности рудоносных (ЭПГ-Cu-Ni) комплексов в различных ареалах ВСП по всему её простиранию и близости составов исходных для них магм.

Состав исходных магм. Вариации составов пород обусловлены фракционированием оливина в расплаве. На основании уравнения линейной регрессии определена железистость (10–12% Fa) наиболее раннего оливина из Тартайского массива. По Fe/Mg обмену между оливином и расплавом рассчитана концентрация MgO в расплаве (17–11%), равновесном с этим оливином. По уравнениям линейной регрессии установлены остальные параметры исходного расплава, которые соответствуют пикритоидным магмам. Обогащенность магм тугоплавкими ЭПГ указывает на высокие степени плавления мантийного субстрата и согласуется с плюмовой моделью формирования рудно-магматических систем.

Возраст рудоносных интрузий. Ранее известные датировки рудоносных комплексов ВСП свидетельствовали о широком диапазоне их значений. Нами получены геохронологические данные для Тартайского массива. U-Pb возраст цирконов из оливинового меланогаббро соответствует 712 млн. лет. Для Верхнекингашского интрузива U-Pb датировки по бадделеиту составили 726 ± 18 млн. лет (Ernst et al, 2012). U-Pb возраст пород Йоко-Довыренского плутона по бадделеиту из габбро – 724 ± 2.5 млн. лет (Ernst et al, 2012), по цирконам из габбронорита – 730 ± 6 млн. лет, из перидотитового силла – 731 ± 4 млн. лет (Арискин и др., 2012). Таким образом, радиологический возраст рудоносных комплексов во всех ареалах находится в интервале 731–710 млн. лет, что отвечает позднему рифею. Возрастная корреляция, основанная на новых геохронологических данных, позволяет рассматривать рудоносные комплексы ВСП как единые во времени образования, относящиеся, сопоставляющиеся с Франклинской изверженной провинцией.

Работа выполнена при поддержке грантов: ОНЗ-2 РАН, РФФИ №№ 12-05-00435 и 12-05-00112.

Литература

Арискин А.А., Конников Э.Г., Данюшевский Л.В., Мак-Нил Э., Николаев Г.С., Костицын Ю.А., Кислов Е.В., Орсов Д.А. Довыренский интрузивный комплекс: геохимия, петрология и история сульфидного насыщения исходных магм // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и их минерогения // Материалы IV международной конференции, Улан-Удэ, 2012. С.17–20.

Сино-корейская бор-полиметаллическая металлогеническая провинция пассивных континентальных окраин

Раткин В.В., Гвоздев В.И., Карась О.А.

ДВГИ ДВО РАН, ratkin@yandex.ru, gvozdev@fegi.ru, okaras@yandex.ru

Сино-Корейская бор-полиметаллическая провинция отвечает Сино-Корейскому щиту и проявлена как крупнейший металлогенический элемент обрамления Тихого океана, где многократно в условиях континентальной окраины проявились процессы рудообразования, связанные с седиментогенезом в пределах унаследованно развивающихся рифтогенных зон архей-протерозой-раннепалеозойского возраста. Эволюция рудообразующих процессов проявилась в смене архейских медно-цинковых колчеданных месторождений в вулканогенно-осадочных толщах протерозойскими свинцово-цинковыми в терригенно-карбонатных породах и далее существенно свинцовыми стратиформными месторождениями в рифей-кембрийских карбонатных толщах. При этом архейские месторождения слоистых железных руд сменяются в протерозое железо-марганцевыми окисными и сидеритовыми месторождениями (Parfenov et.al., 2011). Для среднего протерозоя характерен комплекс турмалиновых гнейсов и пластовых тел турмалинитов. Бороносные толщи формировались за счет вулканогенно-осадочных мелководных морских пород, образованных при участии эвапоритов (Xu et. al., 2004). Собственно эвапоритовые отложения преобразованы в процессе метаморфизма и представлены в современной структуре линзами суанитовых руд. Для рифей – кембрийских отложений, кроме стратиформных свинцовых месторождений, характерна аномальная насыщенность толщ карбонатных пород стратиформными месторождениями флюорита.

Изучение свинцово-цинкового гиганта тихоокеанской окраины Азии – месторождения Комдок показало, что в среднем протерозое в морских бассейнах пассивной континентальной окраины доминировали процессы эксгальционно-осадочного рудогенеза при участии сульфатов морской воды. Рудные тела совместно с вмещающими терригенно-карбонатными породами участвовали в складчатости, были регионально метаморфизованы и в последующем частично скарнированы под влиянием интрузий гранитоидов.

Металлогенические зоны мезозойского возраста, ассоциированные с вулканоплутоническими комплексами внутриплитных серий, совпадают с территориями, где фундамент представлен докембрийскими рудоносными толщами.

Сино-Корейская провинция выступала в юрско-раннемеловое время как геохимически аномальная область питания окраинно-континентальных бассейнов тихоокеанской окраины Азии (Малиновский, Голозубов, 2011). В результате – древняя бор-полиметаллическая металлогения Сино-Корейского щита репродуцируется в ходе поздний мел – палеоценовой магматической переработки раннемеловых складчатых комплексов новообразованной мезозойской литосферы Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинского орогенного пояса (Ханчук, Голозубов, 2008).

Литература

Малиновский А.Н., Голозубов В.В. Литология и обстановки формирования терригенных отложений вдоль трансформных границ плит на примере раннемелового Журавлевского террейна Южного Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. 2011. Т.30. № 5. С.35–52.

Ханчук А.И., Голозубов В.В. Режим трансформной окраины и орогенез//Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований. Владивосток: Дальнаука, 2008. С.340–345.

Parfenov L.M., Nokleberg W. J., Berzin N.A. et.al. Tectonic and Metallogenic Model for North-east Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1026, 2011. CD-ROM.

Xu H., Peng Q., Palmer M.R. Origin of tourmaline – rich rocks in a Proterozoic terrane (N.E. China): Evidence for evaporate-derived boron // Geology in China. 2004. V.31. No.3. P.240–253.

Геодинамические обстановки локализации и типоморфизм золоторудных месторождений

Сафонов Ю.Г.

ИГЕМ РАН, safonov@igem.ru

Геотектонические обстановки и геодинамические условия локализации золоторудных месторождений определенных типов, несмотря на длительную историю их изучения, остаются во многом не раскрытыми. Обширная информация по золоторудным месторождениям не адекватна существующим систематикам-классификациям этих месторождений по используемым геолого-генетическим характеристикам. Это определяет постановку названной проблемы, объединяющей базовые подходы к теоретическим основам разномасштабного металлогенического прогнозирования, поисков и оценки золота. Работы Н.А. Шило во многом относятся к этой проблеме, наиболее разработанной применительно к эпитермальным золото-серебряным и золоторудным месторождениям, размещенным в молодых вулканических поясах. Крайне-континентальные и островодужные вулканические пояса характеризуются также массовой локализацией золотоносных медно-порфировых и колчеданных месторождений. Месторождения таких типов, как и эпитермальные, выделяются контрастным набором типоморфных признаков, обладают определенными особенностями в различных поясах и их сегментах. Эпитермальные и медно-порфировые (+ Au, Mo, Re) месторождения представлены и в областях мезокайнозойской и верхнепалеозойской тектоно-магматической активизации, увязываемой с проявлениями плюмового магматизма. Месторождения карлинского типа относятся рядом исследователей к этой же категории, но локализуются, преимущественно в надинтрузивных зонах, в пределах блока, сохранившего стабильность. Существующие другие взгляды на образование месторождений данного типа, вплоть до их отнесения к разновидности вкрапленно-прожилковых руд, свойственных «ороженным» месторождениям, представляются менее обоснованными. Известная концепция «ороженных» месторождений (Д.Гровс), образующихся в процессах метаморфогенного гидротермального рудообразования, представляется необоснованно распространяемой на большинство золоторудных месторождений в фанерозойских складчатых-подвижных поясах и докембрийских кратонах. Имеющиеся данные по месторождениям в этих геодинамических обстановках позволяют выделить среди них связанные с интрузивами (intrusion related) и нетрадиционные. Исследования золоторудных месторождений в Байкалидах Байкало-Патомского нагорья (Сухой Лог, Вернинское и др.) показывают, что здесь проявились две металлогенические эпохи: раннепалеозойская (420 млн. лет), отстающая от регионального метаморфизма примерно на 100 млн. лет и позднепалеозойская (310 млн. лет), связанная с завершением становления Ангаро-Витимского плутона. Надплюмовыми обстановками этого времени характеризуется локализация целой серии жильных месторождений в Северном Забайкалье. Следует подчеркнуть явные связи с магматизмом долго живущей золотоносной флюидно-магматической системы месторождения Мурунтау. Пространственные связи с проявлениями ультраосновного-основного, субщелочного, гранитоидного магматизма характерны для многих неархейских месторождений в зеленокаменных поясах. Отличительной чертой этих поясов является нахождение в них серии крупных месторождений, выделяющихся по минералого-геохимическим и геолого-структурным характеристикам: Калгурли, Керкленд-Лейк, Керр Аддисон, Рэд-Лейк, Хемло, Колар. Палеопротерозойские пояса отличаются ассоциациями месторождений золота, железа (+Cu). Своеобразие золоторудной минерализации неархейских и палеопротерозойских металлогенических поясов объясняется спецификой геодинамических условий становления древних кратонов, связанных в нуклеарных областях с мантийными плюмами. Эти нуклеары формировались под влиянием радиогенного тепла в литосферных блоках, первично обогащенных радиоактивными элементами, что определило формирование здесь урановых месторождений типа несогласия и ураносодержащих золотоносных рифов Витватерсранда, Блайнд-Ривер, ураноносных альбититов. Предшествующие, синхронные и последующие, по отношению к урановому рудообразованию, процессы глубинной магматической дифференциации влияли на зарождение флюидно-магматических систем, определяли их металлогеническую специализацию и потенциал продуктивности в различные металлогенические эпохи (Витватерсранд, Олимпик Дэм, Эльконское).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-05-00084, Программы ОНЗ-2 РАН.

Медно-порфировое оруденение Акштатау-Коныратского рудного района (Центральный Казахстан)

Сейтмуратова Э.Ю., Аршамов Я.К., Сайдашева Ф.Ф., Баратов Р.Т.,
Даутбеков Д.О.

Институт геологических наук им. К.И. Сампаева, seimuratova@mail.ru

В свете набирающего силу направления в добыче руд – крупнообъемных месторождений убогих концентраций – медно-порфировые месторождения приобретают новый уровень привлекательности. Это определяется не только возможностью организации отработки их открытым способом, но и комплексностью руд, содержащих такие ценные примеси как: золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут и другие. Эти месторождения характеризующиеся бедными рудами, чтобы быть рентабельными для отработки должны обладать достаточно крупными запасами медных руд (Пожарицкий, 1969; Кривцов, 1983; Павлова, 1978). Многочисленные исследования медно-порфировых месторождений показали, что наиболее важными из крупнейших структурных элементов, контролирующими размещение медно-порфирового оруденения, являются орогенные вулканогенные и вулканоплутонические пояса и, в первую очередь, окраинно-континентальные (Твалчрелидзе, 1977).

В свете этой закономерности – четкая приуроченность всех медно-порфировых проявлений района к Котырассанскому звену каменноугольного окраинно-континентального Тасты-Кусак-Котырассан-Алтынэмельского вулканоплутонического пояса (Сейтмуратова, Ляпичев и др., 2000), может расцениваться как весьма благоприятный фактор, ориентирующий локализацию поисковых работ на новом этапе выявления крупных медно-молибденовых месторождений порфирового типа именно в нем.

Для района отчетливо просматривается, прежде всего, медный профиль оруденения, на которое приходится 81 проявление (разноранговых месторождений – 9, рудопроявлений – 28, пунктов минерализации – 44). Из числа выделенных 13 перспективных меднорудных зон только 6 имеют четкую медную и медно-молибденовую специализацию. Остальные характеризуются полиэлементной (Au-Cu-Mo, Au-Cu, Cu-Pb) специализацией. К этим зонам относятся: Шыбыкская, Северная, Аузбаки-Каскырмазган-Кенькудукская; Шозек-Борлы-Карабасская, Коныратская, Южно-Токрауская. Большая часть медно-молибденовых порфировых проявлений локализуется в пределах Котырассанской зоны, являющейся звеном краевого Тасты-Кусак-Котырассан-Алтынэмельского вулканоплутонического пояса. По данным многочисленных и разноплановых проектов, выполнявшихся в регионе, устанавливается широкое проявление в нем благоприятных геолого-геофизических признаков для обнаружения медно-молибденовых месторождений порфирового типа, что позволяет вполне обоснованно рекомендовать проведение здесь поисковых работ. Авторам представляется, что, исходя из указанного состояния опосредованности района, будущие работы следует ориентировать в двух направлениях.

Во-первых, провести дополнительные работы поисково-разведочного (больше разведочного) характера с целью дооценки известных объектов на глубину и с возможной переоценкой их флангов.

Во-вторых, поисковые работы по выявлению промышленных медно-порфировых месторождений в Северном Прибалхашье должны быть ориентированы на поиски новых объектов, скрытых под чехлом рыхлых отложений.

Литература

Пожарицкий К.Л. Основные черты геологии и минерализации советских и зарубежных месторождений медно-порфировых руд / Геология, геохимия и минералогия медно-порфировых месторождений Казахстана. Алма-Ата, 1969. С.7–25.

Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. М.: 1983.

Павлова И.Г. Медно-порфировые месторождения Л.: 1978. 275 с.

Твалчрелидзе Г.А. Металлогенические особенности главных типов вулканических поясов. М.: 1977. 110 с.

Сейтмуратова Э.Ю., Ляпичев Г.Ф. и др. Геологическое доизучение Коунрад-Акштатауского рудного района масштаба 1:200000 территории листов L-43-III, IV, IX, X // Отчет. Фонды ИГН. 2000. Алматы. I т. 448 с., II т. 435 с., III т. 217 с., IV т. 229 с., V т. 218 с.

Платиноидно-медно-никелевые провинции в обрамлении Северо-Азиатского кратона

Степанов В.А.

НИГТЦ ДВО РАН, vitstepanov@yandex.ru

В обрамлении Северо-Азиатского кратона расположены четыре платиноидно-медно-никелевые провинции: Таймыро-Норильская, Восточно-Саянская, Северо-Байкальская и Становая. Таймыро-Норильская провинция приурочена к северо-западной оконечности кратона (Додин и др., 2000). Запасы металлов Норильского района провинции оцениваются в 23.2 млн. т никеля и 46.7 млн. т меди (Надретт, 2003). Рудоносные интрузии месторождений Норильск и Талнах представлены разнообразными габбро-долеритами. Абсолютный возраст их раннетриасовый. Рудными минералами являются пирротин, халькопирит и пентландит, а также другие сульфидные и минералы благородных металлов. Типы руд: пирротиновые, кубанитовые, халькопиритовые и талнахитовые.

Восточно-Саянская провинция располагается в юго-западном обрамлении Северо-Азиатского кратона. Потенциал провинции составляет: Ni – 18760 тыс. т, Cu – 9717 тыс. т, МПГ – 2085 т (Геология., 2010). На состав и возраст разведанных месторождений Кингаш и Верхний Кингаш имеются две точки зрения: «коматиитовая» и «расслоенных интрузий». Согласно первой медно-никелевое оруденение приурочено к ультрабазитам и базитам кингашского базальт-коматиитового комплекса (Князев, 2004). Согласно другой – платиноидно-медно-никелевое оруденение связано с расслоенными интрузиями кингашского габбро-перидотитового комплекса позднеархейского возраста (Геология., 2010).

В южном обрамлении Северо-Азиатского кратона расположена Северо-Байкальская платиноидно-медно-никелевая провинция. Перспективными являются Чайский и Йоко-Довыренский расслоенные базит-гипербазитовые массивы. Абсолютный возраст Чайского массива оценивается в 627 ± 25 млн. лет, Йоко-Довыренского в 739 ± 55 млн. лет. Сульфидная Cu-Ni минерализация вкрапленная, густовкрапленная, массивная и брекчиевидная. Основными рудными минералами являются пирротин, пентландит и халькопирит с примесью других сульфидов и минералов благородных металлов. Прогнозные ресурсы никеля Чайского массива оценены в 800 тыс. т, меди в 270 тыс. т, кобальта в 33 тыс. т (Кислов и др., 2007). Становая провинция, расположенная в юго-восточном обрамлении Северо-Азиатского кратона, отвечает восточная часть Станового мегаблока. Платиноидно-медно-никелевое оруденение генетически связано с разновозрастными базит-гипербазитовыми комплексами: позднеархейским анортозитовым, раннепротерозойскими кун-маньенским габбро-норит-пироксенит-перидотитовым и дунит-троктолит-габбровым, а также джалтинским кортландит-пироксенит-габбровым раннего мела. Наиболее перспективными являются раннепротерозойский кун-маньенский и раннемеловой джалтинский интрузивные комплексы (Степанов и др., 2008). Прогнозные ресурсы провинции оцениваются в 2 млн. т никеля и 300 тыс. т меди.

В составе руд рассматриваемых провинций преобладают железо, никель, медь и кобальт, что сближает их по составу с железистыми метеоритами и ядром Земли. Это может свидетельствовать об участии в формировании платиноидно-медно-никелевых месторождений рассматриваемых провинций не только мантийного, но и ядерного вещества планеты.

Литература

Геология и перспективы Pt-Cu-Ni оруденения восточной части Алтае-Саянской складчатой области // Под. ред. С.С. Сердюка. Красноярск: изд-во Город, 2010. 184 с.

Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометальные месторождения России. СПб: Наука, 2000. 755 с.

Кислов Е.В., Орсов Д.А., Малышев А.В. Северо-Байкальская никеленосная провинция, республика Бурятия // Руды и металлы. 2007. №6. С. 6–15.

Князев В.Н. Геология и условия образования благороднометального и медно-никелевого оруденения Канского зеленокаменного пояса. Автореф. канд. дисс. Красноярск: КНИИГиМС, 2004. 24 с.

Надретт А. Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометальных руд. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2003. 487с.

Степанов В.А., Мельников А.В., Стриха В.Е. Становая никеленосная провинция // Вестник СВНЦ, 2008. №2. С.13–21.

Рудоносность Умбинского эндербит-чарнокит-гранитного комплекса (Кольский полуостров, Россия)

Чашин В.В.

ГИ КНЦ РАН, *chashchinv@mail.ru*

Свинцово-цинковое оруденение на Кольском полуострове известно с середины 18 века. Оно распространено, главным образом, вдоль морского побережья и связано с кальцит-барит-кварцевыми и кварц-флюорит-кальцитовыми жилами, сконцентрированными, в основном, на Печенгском берегу Баренцева моря и Кандалакшском берегу Белого моря. Наибольший интерес представляет оруденение Печенгского побережья, где известно пять проявлений, входящих в состав Базарногубского рудного узла, прогнозные ресурсы Pb+Zn которого до глубины 250 м определены в 150 тыс. т (Коровкин и др. 2003). В то же время, в регионе известны и другие проявления полиметаллов. Одним из наиболее перспективных является Кузреченское проявление, которое находится на юге полуострова и приурочено к Умбинскому полифазному комплексу эндербитов-чарнокитов-порфиroidных гранитов (Виноградов, Виноградова, 1975). Он занимает площадь около 800 км² и объединяет породы трех гранитоидных серий. Кварцевые диориты (эндербиты) слагают западную часть комплекса на площади 20×8 км. К востоку на площади 32×1÷4 км развиты чарнокиты. Восточную часть комплекса на площади 37×18 км занимают порфиroidные граниты. Возраст кварцевых диоритов U-Pb методом по циркону определен в 1944±19 млн. лет, чарнокитов – 1912±8 млн. лет, а порфиroidных гранитов – 1905±5 млн. лет (Балаганский и др., 2005).

Кузреченское проявление полиметаллов было выявлено в конце 60-х годов прошлого века в результате заверки бурением комплексной локальной аэроэлектромагнитной аномалии. Было пробурено 5 скважин глубиной 60–100 м, которые вскрыли порфиroidные плагио-микроклиновые граниты Умбинского комплекса, участками слабо окварцованные и пиритизированные с многочисленными прослоями гнейсо-диоритов (эндербитов). В двух скважинах была встречена галенит-сфалеритовая минерализация в виде вкрапленности и редкой сети прожилков мощностью от нитевидной до 1.5 см, приуроченная к графитизированным и пиритизированным гнейсо-диоритам. По результатам опробования в 6 из 27 керновых проб по данным химического анализа содержания Zn варьируют от 0.54 до 3.77%, Pb – от 0.21 до 2.14%, сумма Pb и Zn имеет промышленные значения, изменяясь от 2.26 до 5.91% при Pb:Zn = 0.1–0.6. Содержания сопутствующих компонентов (Cd, Au, Ag) не определялись. Ориентировочные прогнозные ресурсы суммы Pb и Zn по этому проявлению при протяженности рудной зоны 1000 м, мощности 5 м и глубине 300 м можно оценить в 150 тыс. т. Помимо этого проявления, в западной части комплекса известно несколько рудных точек Pb, Zn и Ag. Существуют и другие прямые и косвенные признаки оруденения. В зоне северного эндо- и экзоконтакта полосы чарнокитов известны локальные зоны проводимости общей протяженностью до 3 км, природа которых не определена, предполагается, что они также связаны с полиметаллическим оруденением. В южной части комплекса в связи с порфиroidными гранитами в зоне протяженностью около 25 км и шириной до 8 км выявлена серия отдельных локальных геохимических аномалий Zn и мультипликативного показателя Pb×Zn×Ag, частью совпадающих с аномалиями проводимости. Прогнозные ресурсы Pb и Zn в пределах этой зоны оцениваются 500–600 тыс. т., а Умбинского комплекса в целом могут достигать 1 млн. т. Таким образом, имеющиеся данные дают основание полагать, что Умбинский эндербит-чарнокит-гранитный комплекс обладает высоким потенциалом на выявление крупных месторождений комплексных полиметаллических руд.

Литература

Балаганский В.В., Каулина Т.В., Кислицын Р.В. Колвицкий меланж и Умбинский террейн как новый тип структур палеопротерозоя северо-востока Балтийского щита / Петрология и рудоносность регионов СНГ и Балтийского щита. Материалы Международного (X Всероссийского) петрографического совещания. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2005. Т.3. С.39–41.

Виноградов А.Н., Виноградова Г.В. Геология и петрология умбинского комплекса интрузивных чарнокитов и гранитов / Интрузивные чарнокиты и порфиroidные граниты Кольского полуострова. Апатиты: изд-во КФАН СССР, 1975. С.3–148.

Коровкин В.А., Турылева Л.В., Руденко Д.Г. и др. Недра Северо-Запада Российской Федерации. СПб: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2003. 520 с.

Металлогенический потенциал Канской глыбы Восточного Саяна

Юричев А.Н.

Томский государственный университет, juratur@sibmail.com

При проведении геолого-съёмочных работ масштаба 1:50000 (60–80 гг. XX века) и поисковых работ на Cu-Ni оруденение (2005–2007 гг.) на территории Канской глыбы Восточного Саяна среди метаморфизованных осадочно-вулканогенных толщ были выявлены многочисленные ультрамафитовые и мафит-ультрамафитовые тела, в которых неоднократно отмечалась рудная минерализация Cu, Ni и благородных металлов. Они были отнесены к четырем формационным типам и объединены в четыре комплекса: реститовый – идарский дунит-гарцбургитовый и магматические – кингашский дунит-верлит-пикритовый, талажинский плагиодунит-троктолит-анортозит-габбровый и кулибинский перидотит-пироксенит-габбровый.

Кингашский дунит-верлит-пикритовый комплекс (AR_2-R_1) представлен линзовидными телами размером от нескольких десятков метров до 15 км при мощности от первых метров до 100 м и более. Характерной особенностью пород является наличие в них кумулятивных и бластопорфировых структур, свидетельствующих об их образовании в гипабиссальных и субвулканических условиях. Наиболее представительным и эталонным объектом комплекса является Кингашский массив, вмещающий одноименное Cu-Ni-PGE месторождение. Руды преимущественно вкрапленные (интерстиционно-вкрапленные, гнездово-вкрапленные, сидеронитовые и шпириво-вкрапленные), жильные сульфидные руды (брекчиевидные, массивные и флюидално-полосчатые, прожилковые) – распространены в ограниченном объеме (около 0.3%), их мощность – до 1.5 м.

Ближние к Кингашскому месторождению Верхнекингашское и Куевское рудопроявления интрузий кингашского комплекса в настоящее время также состоялись крупными Cu-Ni-PGE месторождениями.

Идарский дунит-гарцбургитовый комплекс (AR_2-PR_1) представлен на Канской глыбе более чем 350 мелкими телами чаще линзовидной формы и сложен преимущественно серпентинитами по дунитам и гарцбургитам. Породы комплекса имеют монотонный состав и часто характеризуются повышенным содержанием Cr (не промышленных масштабов). Характерной особенностью пород является наличие в них гранобластовых и порфирукластовых структур, свойственных для метаморфических образований. В настоящее время комплекс отнесен нами к бесперспективным на обнаружение Cu-Ni минерализации.

Талажинский плагиодунит-троктолит-анортозит-габбровый комплекс (R_{2-3}) представлен одноименным расслоенным массивом, локализованным в пределах северо-западного окончания Канской глыбы. Вероятней всего, он представляет рифейскую дунит-троктолит-габбровую формацию, представленную на южной окраине Сибирской платформы множеством плохо изученных массивов, из которых некоторые известны своей сульфидной Ni рудоносностью. В Талажинской интрузии нами впервые в главных типах пород (за исключением анортозитов) установлена пирротин-пентландит-халькопиритовая вкрапленная минерализация, которая наряду с их петрологическими особенностями позволяет предполагать наличие в плутоне потенциальной промышленной Cu-Ni и благороднометальной минерализации.

Кулибинский перидотит-пироксенит-габбровый комплекс (PR_1-R_2) представлен дифференцированными массивами и телами по рр. Кулиба, Кулижа, Мал. Агул, Кунгус. Комплекс характеризуется преимущественно габброидным составом (роговообманковые габбро, габбро-нориты и нориты) при подчиненной роли ультрамафитов (лерцолиты, верлиты, роговообманковые вебстериты, клинопироксениты и горнблендиты). Установленные аэромагнитные аномалии на исследуемой территории, очевидно, указывают на наличие значительных по объему перидотитов в основании массивов. Судя по предварительным исследованиям и литературным данным, они могут оказаться перспективными на поиски месторождений сульфидных Cu-Ni с PGE и малосульфидных PGE руд. Сульфидная пирротин-пентландитовая минерализация с PGE отмечается преимущественно в верлитах и лерцолитах.

Ресурсный потенциал Канской глыбы определяет определенные минерально-сырьевые перспективы для экономики юга Красноярского края. Включение в сферу изучения и оценки ультрамафитовых и мафит-ультрамафитовых массивов кингашского, талажинского и кулибинского комплексов может существенно пополнить сырьевую базу цветных металлов Восточной Сибири.

Келенчек-Ташсайское редкометально- и редкоземельное поле альбититов (Чаткало-Кураминская активная окраина, Узбекистан)

Юсупов Р.Г.¹, Рафиков Я.М.², Игамбердиев Э.Э.³

¹ННО «Ветеран геологии» Госкомгеологии РУз, r.g.yusupov@bk.ru;

²Институт геологии и геофизики АН РУз, rafikov_yalkin@mail.ru;

³Госкомгеологии РУз, erkin.67@inbox.ru.

На территории Чаткало-Кураминской активной окраины редкометально- и редкоземельный концентр (Bi, Sn, Si, Ta, Nb, TR, U) контролирует региональная структура Ферганского свода оседания (Рудоносность..., 1985). В пределах центральной полосы тектонической постройки локализовались практически значимая минерализация. Келенчек-Ташсайское рудное поле служит носителем остродефицитных концентратов редкометально- и редкоземельного оруденения (Юсупов и др., 2012), включая попутные промышленно значимые залежи породообразующего полевошпатового сырья (95–98% альбита в составах руд), минерального рутила, а также циркона и др. На Келенчек-Ташсайском рудном поле с формированием позднеорогенных “редкометальных” пород трахит-лейкогранитовой (арашанский комплекс, С₃-Р₁) формации проявились пространственные и прямые генетические связи практически значимые минерализации Nb, Ta, Sn, REE и др. Минеральные формы редкометальной, редкоземельной, иттриевой, уран и ториевой минерализации находятся в минералогическом сходстве с акцессорно-минеральным составом исходных материнских пород трахит-лейкогранитовой формации. Позднеорогенный режим эволюции Чаткало-Кураминского плюма (Далимов и др., 2010) активизировал (оживил) “остаточные” (подкорковые) магматические расплавы насыщенные летучими и редкометально-редкоземельными компонентами (Юсупов и др., 2012), воздействие которых на породы верхней и нижней части земной коры формировали в их фронтальных участках редкометальные, редкоземельные, иттрий-ториевые минерализации (Келенчек-Ташсайское рудное поле).

Альбититы практически бескварцевые. Для подобных образований нетрадиционным является присутствие рутила и сопутствующих акцессорных минералов (ортит, фергусонит, форманит и др.) в практически (промышленных) значимых количествах. Ортит, будучи самым ранним редкоземельным минералом, сопутствует позднему флюориту и тантало-ниобатам. Монацит, торит-оранжит и другие рудные минералы завершают процессы накопления редких земель. В альбититах образование и присутствие редкоземельных минералов находится в зависимости от концентрации фосфатного компонента (апатит, монацит, ксенотин и др.). Это означает протекание в условиях относительно малых глубин метамагматического процесса формирования рутила, циркона, ортита, монацита, торит-оранжита и других рудных и нерудных минералов. На Келенчек-Ташсайской площади, типоморфные особенности каждого из перечисленных минералов редкометальной и редкоземельной минерализации имеют практическую значимость и инвестиционную привлекательность.

Минералого-вещественные составы рутилоносных альбититов Келенчек-Ташсайского рудного поля (титан в минеральной форме – TiO₂, цирконий, ниобий, тантал, редкие земли, иттрий, торий, кварц-полевошпатовое сырье в форме альбита) служат сырьевыми ресурсами на весьма потребные титановые, редкометальные и редкоземельные рудные компоненты. В перспективе освоения, производства и потребления редкометальной и редкоземельной минерализации имеют пратический интерес собственно альбититы, связанные с породами трахит-лейкогранитовой формации (С₃-Р₁), и акцессорно-минеральные концентраты из самих пород (циркон, циртолит, монацит, фергусонит, поликраз и др.).

Литература

Далимов Т.Н., Ганиев И.Н. Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. Ташкент: Университет, 2010.

Рудоносность орогенных структур Тянь-Шаня // Под ред. И.Н. Томсона. М.: Наука, 1985.

Юсупов Р.Г., Фатхуллаев Ш.Д. Келенчек-Ташсайское поле редкометально- и редкоземельных альбититов // Геология и минеральные ресурсы/ 2012. №3. С.19–25.

Редкометальный магматизм Центральной Азии: эпохи, источники и обстановки формирования

Ярмолюк В.В.¹, Кузьмин М.И.²

¹ИГЕМ РАН, yarm@igem.ru; ²ИГХ СО РАН, mikuzmin@igc.irk.ru

Территория Центральной Азии является крупнейшей провинцией редкометального магматизма. В ее пределах формирование месторождений REE, Ta, Nb, Zr, Be, Sn, Li, Mo, Re и др., в том числе элементов платиновой группы было тесно сопряжено с развитием Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) и внутриплитной переработкой его структур. Месторождения формировались, начиная с распада Лавразийской части Родинии с обособлением Сибирского палеоконтинента и до позднего мезозоя включительно. Эти месторождения связаны с массивами глубоко дифференцированных магматических пород разного состава – от ультраосновных-щелочных пород и расслоенного габбро до щелочных и Li-F гранитов. Проявления магматизма этого типа объясняются процессами плюм-литосферного взаимодействия, приводящими к образованию разнотипных крупных изверженных провинций. Различия в геологическом строении и истории развития таких провинций, в том числе, в характере редкометального магматизма и связанного с ними оруденения, позволяют поставить им в соответствие ряд разных по масштабам и глубинному строению плюмов:

Суперплюм, вызвавший распад Родинии и, в частности, отделение Сибири от Лаврентии, сопровождался интенсивным магматизмом в зонах континентального дробления. В результате вдоль южного края Сибири в интервале 700–640 млн. лет был сформирован пояс даек и массивов щелочных пород – месторождений от Енисейского кряжа до Алданского щита.

Крупные плюмы, сопровождаемые трапповым магматизмом и рифтогенезом, действовали в перми – раннем триасе. Результатом их деятельности стали Таримская (раннепермская) и Сибирская (раннетриасовая) трапповые провинции, а также сопровождающие их рифтовые зоны.

Крупные плюмы, сформировавшие кислые LIP, проявляли свою активность в сложных геодинамических обстановках плюм-литосферного взаимодействия на активных континентальных границах. Этим провинциям соответствуют гранитоидные батолиты гигантских (более 0.5 млн. км³) объемов, в структуре которых выделяются зоны рифтогенного типа с магматизмом внутриплитной специфики. Это Алтае-Саянская (поздний кембрий – ранний ордовик), Баргузинская (раннепермская), Хангайская (позднепермская – раннетриасовая) и Монголо-Забайкальская (раннемезозойская) кислые редкометальные провинции.

Небольшие плюмы, ответственные за образование локальных магматических областей, действовали на протяжении позднего мезозоя и кайнозоя. С ними связаны отдельные пространственно и структурно обособленные относительно небольшие рифтовые зоны с карбонатитовым и редкометальным гранитоидным магматизмом.

Редкометальная специализация разнотипных крупных изверженных провинций.

В магматических областях связанных с суперплюмами, редкометальные месторождения тяготеют к зонам раскола и ассоциируют с массивами щелочно-основных пород с карбонатитами (Ta, Nb, REE) и расслоенными массивами основных пород (ЭПГ).

В трапповых провинциях преобладают месторождения Cu-Ni-Pt и Fe-Ti-V, локализация которых, по Н.Л. Добрецову с соавторами, определяется центральными частями провинций, а также поясами развития расслоенных базит-ультрабазитовых интрузивов.

В кислых крупных изверженных провинциях, сопряженных с зональными магматическими ареалами, преобладают месторождения редких металлов, редких и редкоземельных элементов. Они связаны с массивами глубоко дифференцированных пород: щелочных гранитов, литий-фтористых гранитов, расслоенных габбро. Структурный контроль в размещении месторождений выполняют зоны рифтогенеза, образующие периферию ареалов.

В областях локализованной внутриплитной активности месторождения редких элементов и металлов тяготеют к вулканическим центрам, контролирующим проявления щелочного или кислого магматизма.

В целом для всех областей можно отметить ареально-очаговый характер размещения оруденения (в отличие от линейно-поясового для субдукционных, островодужных и коллизионных обстановок) и зональное распределение разных типов оруденения относительно центров LIP.

Флюидизатно-эксплозивные процессы и минерагения юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы

Яценко Г.М., Бекеша С.Н., Гайовский О.В., Яценко И.Г.

ЛНУ имени Ивана Франко, yatsenko1941@list.ru

Рассматриваемая часть платформы охватывает западный склон Украинского щита и Во-лыно-Подолию, граничащую с Восточными Карпатами. Склон по разломам щита ступенчато погружается на запад, переходя в основание Львовско-Волинского прогиба (Геотектоника..., 1990). К Карпатам оно воздымается в виде Лежайского поднятия. Со стороны Карпат ограничением служит Внутренний Прикарпатский прогиб. Здесь сосредоточены проявления «некогерентных» полезных ископаемых, обусловленные влиянием флюидизатно-эксплозивных процессов. Проявления многообразны, на этапах активизации они формировались до неогена.

Начало направления связывается с выделением на щите флюидизатно-эксплозивных алмазоносных формаций (Алмазоносные..., 2002). Перемещение рудного материала вверх в эксплозивных структурах приводит к формированию кластитовых «безкорневых» рудных формаций эксплозивного типа, а на поверхности – осадочно-флюидизатных. Последние легко выветриваются и их обычно относят к корам выветривания пород основания, а не флюидизитам (бокситы и др.). Активизация и рудогенез проявляются неоднократно. Переносятся газы, пар, мелкие частицы стекол, шарики, сферулы разного состава, рудные компоненты, включая самородные металлы (Яценко и др., 2012). Это определяет необычную минерагеническую специализацию флюидизатно-эксплозивных производных.

В Приднестровье на склоне щита (уч. Саинки) отмечены коры выветривания докембрийских (?) даек лампроитового типа, известны алмазоносные пески неогена. С глинистыми формациями склона щита связаны бокситы Ямпольского поля, тождественные эксплозивным проявлениям Кировоградско-Смелянского поля. В песчаниках чехла, перекрывающих докембрийское основание, установлены «россыпные» проявления минералов свинца, цинка, золота, месторождения флюорита и барита. Они, видимо, формировались на заключительном этапе эксплозивной деятельности. В северной части склона щита (бас. р. Горынь и др.) такую же позицию занимают эксплозивно-терригенные, возможно алмазоносные, отложения горбашевской свиты венда (?), несущие медно-сульфидную минерализацию. В Среднем Приднестровье флюидизиты в виде даек пересекают породы основания, алмазы распространены в неогеновых отложениях (балтская свита) и аллювии р. Днестр.

Здесь соседствуют рудные минералы осадочного, эксплозивного глубинного и поверхностного происхождения. Соединения свинца, цинка, магния, минуя гидротермальную стадию, при участии эксплозивной газовой составляющей замещают карбонаты, осаждаются, напыляются, обволакивают рудные частицы и гальки разных пород неогена; минералы железа концентрируются в трещинах. Характерны замещения рудными минералами растительных остатков. Гидротермальный кварц в данном рудогенезе не участвует. Рудные минералы характерны для известковистых песчаников неогена. В составе песчаных отложений встречаются обломки пород кристаллического основания – ультраосновных пород, субщелочных гранитоидов и флюидизитов. Распространены частицы и шарики разного состава, шлаки, стёкла, сферулы, гранаты, пироксены, амфиболы, ставролит, слюды и другие минералы, включая минералы-спутники алмазов и вторичные минералы свинца, цинка, стронция, арсениды, сульфиды, отмечаются киноварь, золото и др. Примером может быть действующий Старуньский грязевой вулкан, активизирующийся при землетрясениях. На поверхность выходят газы, глинистая пульпа, нефть и иные углеводороды. В грязевых выбросах в составе глин отмечены рудные минералы (сфалерит, пирротин, пирит, арсенопирит, стронциобарит, сульфиды меди, линзы бурого железняка), а также барит, соли, сера.

Литература

Алмазоносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Опыт минерагении алмаза // Г.М.Яценко, Д.С.Гурский, Е.М.Сливко и др. Киев: УкрГГРИ, 2002.

Геотектоника Во-лыно-Подолии // Отв. ред. И.И.Чебаненко. Киев: Наукова думка, 1990.

Яценко І., Яценко Г., Наушко І. та ін. Леткі компоненти в ендогенних сферулах у зв'язку з проблемою флюїдизатно-експлозивного мантіяного рудогенезу // Мінерал. зб. 2012. №62 Вип.2. С.189–197.

Секция 2. Месторождения Дальнего Востока России.

Рудообразующие процессы в конвергентных и внутриплитных обстановках: главные результаты и уроки исследований металлогении и рудных месторождений Дальнего Востока России.

Особенности железного оруденения Омолонской провинции (Магаданская область)

Алексеев А.С.

Томский Государственный Университет, artem.alekseev.89@inbox.ru

Железные руды Омолонской провинции несравнимы по ресурсам и качеству с крупными российскими и мировыми железорудными месторождениями, однако, выявленные здесь скопления железистых кварцитов могут представлять промышленный интерес. На территории провинции ресурсы железных руд приурочены, главным образом, к выходам дорифейского кристаллического фундамента. В составе провинции обособляется Верхне-Омолонское месторождение, рудопроявление Инняга, Магнетитовое и ряд более мелких проявлений.

В геологическом строении Верхне-Омолонского месторождения участвуют образования нижнеархейского ноддинского метаморфического комплекса и нижнепротерозойского батикского комплекса. Согласно наблюдениям Омолонской геолого-разведочной партии рудоносные горизонты приурочены к нижней части последнего и представлены кварцито-гнейсами и амфиболовыми кристаллосланцами. Особенности оруденения позволяют предполагать метаморфотетасоматический генезис и нижнепротерозойский возраст. Руды участков Верхне-Омолонский, Иннга и Магнетитовый относятся к одному минеральному типу – магнетитовые. Текстура руд практически одинакова – полосчатая, обусловленная чередованием магнетитовых прослоев с породообразующими минералами. На участке Верхне-Омолонский отмечаются руды, имеющие текстуру, близкую к массивной, обусловленную интенсивной сегрегацией полосовидных агрегатов магнетита. При этом в данных рудах фиксируются порфиновые выделения кальцита. Структура руд в целом неравномернокристаллическая, аллотриоморфнозернистая, что обусловлено значительной вариацией размеров зерен магнетита и их ксеноморфной формой. Во всех четко фиксируются следы коррозии и дробления магнетита.

Помимо вышеописанных проявлений в пределах Омолонской провинции выявлены несколько участков и рудных полей, что увеличивает перспективы освоения провинции.

Наиболее крупное из них – рудопроявление Безмолвное. Железистые кварциты рудопроявления по составу, текстурно-структурным особенностям и генезису аналогичны рудам Верхне-Омолонского месторождения, однако более бедны магнетитом. Здесь среди минералов железа, помимо магнетита, встречается гематит.

В 2011 году при заверке аэромагнитной аномалии автором был поднят первый образец железистого кварцита Алексеевского рудопроявления. Особенности оруденения позволяют понять отличие от железистых кварцитов Верхне-Омолонского месторождения. Рудопроявление приурочено к телу метадиоритов стрелкинского комплекса и локализовано в зоне эндоконтакта интрузии сиенитового состава. Здесь установлены линзы метадиоритов с обильной магнетитовой минерализацией, местами переходящие в сплошные массы магнетита.

Помимо раннепротерозойских железистых кварцитов и метадиоритов в составе омолонской железорудной провинции выявлена и магнетитовая минерализация в скарнах, обособленная в рудное поле скарновое. Оно сложено рифейскими отложениями нючалинской и заросшинской свит: мраморизованными известняками и доломитами, кварцитопесчаниками, филлитами. В результате маршрутного исхаживания в 2009–2011 годах геологами Омолонской ГРП было установлено, что в пределах рудного поля локализовано большое количество залежей магнетитовых руд. Они представлены линзообразными телами, имеющими крутое падение и приуроченными к зонам разломов.

В основном выявленные железистые кварциты имеют раннепротерозойский возраст, в целом они схожи по своим текстурно-структурным особенностям и генезису, но в ходе работ по проекту были получены данные свидетельствующие о более сложном строении железорудных тел. В связи с этим появляется необходимость в более детальном изучении объектов.

Рудно-магматические системы с литий-фтористыми гранитами Дальнего Востока России

Алексеев В.И., Марин Ю.Б.

Горный университет, wia59@mail.ru

Мезозойские гранитоиды Дальнего Востока отличаются высокой оловоносностью в пределах гигантской территории от Чукотки до Южного Китая. В последней четверти XX в. в северо-западном секторе Тихоокеанского рудного пояса (СЗС ТРП) вблизи крупнейших вольфрам-оловорудных месторождений (Пыркакайское, Правоурмийское, Одинокое и др.) установлены субщелочные литий-фтористые граниты (Гоневчук, 2002; Геодинамика..., 2006). Все места их находок – рудные районы с крупными месторождениями, типичные очаговые структуры, приуроченные к крупным сводовым поднятиям и гравитационным аномалиям, которые отражают разуплотнение земной коры и наличие на глубине гранитоидных плутонов. Куполообразные выступы криптобатолитов в виде крупных интрузий биотитовых лейкогранитов контролируют рудные узлы СЗС ТРП и считаются рудоносными. В рудных полях с грейзеновым и кварцево-жильным оруденением присутствуют более поздние рудоносные микроклин-альбитовые граниты литий-фтористого типа с возрастом, соответствующим главной оловоносной эпохе (84–96 млн. лет). Участки с литий-фтористыми гранитами и онгонитами представляют собой рудные поля и месторождения редкометалльно-оловянной формации. Наиболее перспективны территории с совмещением редкометалльно-гранитового и монцогранитового магматизма (Чаунский, Северо-Янский, Баджалский, Комсомольский, Арминский рудные районы) (Гоневчук, 2002; Геодинамика..., 2006).

Один из главных признаков литий-фтористых гранитов Дальнего Востока – наличие в них вольфрамовых, иттриевых, тантал-ниобиевых, редкоземельных и висмутовых акцессорных минералов. На постмагматическом этапе формируется рудная минерализация, состав которой полностью определяется геохимическим потенциалом литий-фтористых гранитов. Минералообразующая роль переходит к компонентам, игравшим роль второстепенных в магматических акцессориях (Sn, W, As, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag, In, REE, U): образуются арсенатные, сульфидные и оксидные минеральные комплексы. Редкометалльное оруденение сосредоточено в метасоматических телах, жилах и штокверках надинтрузивной зоны литий-фтористых гранитов. Комплексы разностадийных меланократовых рудоносных метасоматитов – топаз-циннвальдитовых (цвиттеров), турмалиновых и хлоритовых, обладают общностью состава, условий локализации, зональности, последовательности образования и рудоносности. Основной объем минерализации связан, как правило, с одной из стадий гидротермального процесса (Алексеев, 1989; Гоневчук, 2002).

Данные о наличии вблизи крупных месторождений Sn и W Дальнего Востока комплексов литий-фтористых гранитов и редкометалльных метасоматитов заставляют по-новому взглянуть на петрологию и металлогению СЗС ТРП. Бимодальная ассоциация субщелочных литий-фтористых гранитов и монцогранитов указывает на мантийно-коровый характер магматизма, связанного с позднемеловой тихоокеанской субдукцией. Редкометалльные рудно-магматические системы Дальнего Востока объединяют интрузивно-дайкиевые серии и продукты их постмагматического развития (в порядке формирования):

лейкограниты → кислые монцитониты → биотитовые пропилиты → литий-фтористые граниты, онгониты → цвиттеры → турмалиниты → хлорититы.

Для ареалов редкометалльно-гранитового магматизма характерно последовательное формирование магматогенно-гидротермальной литофильной (Sn, W, Nb, Y, REE) и гидротермальной литохалькофильной (Sn, As, Cu, Zn, In, Bi, Ag, REE, U) минерализации. Ответственны за редкометалльное оруденение молодые интрузии Li-F гранитов и онгонитов, расположенные внутри «рудноносных» лейкогранитовых плутонов.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 11-05-00868-а).

Литература

Алексеев В.И. Метасоматическая зональность рудных полей Баджалского района (Приморье) // Записки ВМО. 1989. №9. С.27–37.

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.1. 572 с.

Гоневчук В.Г. Оловоносные системы Дальнего Востока: магматизм и рудогенез. Владивосток: Дальнаука, 2002. 298 с.

Золотая минерализация в островодужных системах Камчатки и Японии: возраст, источники и механизмы отложения

Андреева Е.Д., Округин В.М.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
wideworldscience@gmail.com*

Эпитермальная золото-серебряная минерализация наиболее полно представлена в островных дугах Тихоокеанского региона. Курило-Камчатская и Японская островодужные системы – типичные примеры развитых вулканических дуг с проявлением современного вулканизма, многочисленных гидротермальных систем и эпитермальной золоторудной минерализации. Классификация эпитермальных месторождений до сих пор остается неоднозначной ввиду значительного количества вариантов. В целом, исходя из особенностей гидротермальных изменений пород и минерального состава руд эти месторождения подразделяются на два типа: серицит-адуляровый низкосернистый и алунит-каолиновый высокосернистый (White and Hedenquist, 1995).

Камчатский сегмент Курило-Камчатской островодужной системы включает четыре разновозрастных вулканических пояса. Большинство эпитермальных золоторудных месторождений располагается в пределах Центрально-Камчатского олигоцен-четвертичного вулканического пояса, формирование которого происходило в два этапа магматической и вулканической активности. Нами было показано, что основная рудная минерализация образовалась в олигоцен-плиоценовое время и синхронна первому этапу магматической деятельности. Немногочисленные рудные объекты, образованные в течение второго этапа магматизма, приурочены к южной части пояса. Выделены следующие минеральные типы месторождений: золото-серебро-теллуридный, собственно золотой, золото-полиметаллический и золото-сульфосолевым.

Золото в рудах представлено собственными минеральными формами (самородное золото и электрум), разнообразными интерметаллическими соединениями, теллуридами и сложными кислородными соединениями. Отчетливо просматривается смена минеральных ассоциаций во времени и пространстве. Для месторождений центральной части пояса типична ассоциация золота с теллуридами (Агинское, Оганчинское, Бараньевское). Более молодые месторождения Южной Камчатки (Родниковое, Асачинское) характеризуются высоким Ag/Au отношением в рудах при наличии сульфосолей серебра. Во всех изученных объектах золото имеет очень мелкие размеры – от 2 до 1000 μm , сложные кристаллические формы (правильные, искаженные, скелетные и расщепленные кристаллы, дендриты), неоднородное блоковое строение. Одна из наиболее отличительных особенностей химического состава золота – крайне примитивный состав при широких вариациях пробности от весьма высокой – 850–950 (в центре пояса) до сравнительно низкой – 375–600 (Южная Камчатка). Термобарогеохимические исследования с применением рамановской спектроскопии показали, что отложение рудного вещества происходило из низко- и среднетемпературных растворов 200–300°C, отличавшихся незначительной концентрацией солей, равной 1–4% масс. (в пересчете на NaCl). В составе газовой фазы обнаружены соединения типа C-H, CO, в малых количествах – CO₂. Наличие двух типов включений («нормальные» и газовые), отложение карбонатов в верхних частях рудных зон, повсеместное брекчирование свидетельствуют о вскипании гидротермальных растворов, как одном из механизмов, провоцирующих осаждение полезных компонентов. Выявленные значения изотопов кислорода в жильном кварце, кислорода и углерода в карбонатах характерны для разбавленных водных растворов.

Большинство эпитермальных золото-серебряных и полиметаллических месторождений Японии по своим геологическим и минералого-геохимическим особенностям сопоставимо с месторождениями Камчатки.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ №12-05-31369 мол_а.

Литература

White N.C. and Hedenquist J.W. Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration. SEG Newsletters, 1995. №23. Pp.1,9–13.

Аu-Ag эпитеpмальное оруденение А-типа в Сетте-Дабанском палеорифте

Анисимова Г.С., Кондратьева Л.А.

ИГАБМ СО РАН, *g.s.anisimova@diamond.ysn.ru*

Рудообразующие системы обогащенных Те золотосеребряных эпитеpмальных месторождений принадлежат к А-типу (Коваленкер, 2004). Их характерными особенностями являются тесная пространственная связь со щелочным магматизмом, типичная «мантийная» ассоциация элементов (Те, V и F), важная роль среди минералов теллуридов Au и Ag, флюорита и роско-элита, а также ванадийсодержащих сульфидов (колусит, некрасовит, стибикоколусит) и оксидов (касситерит). В разных классификациях такие месторождения выделялись как эпитеpмальный Au-Те-кварц-флюорит-адуляровый, щелочной Au-Ag эпитеpмальный, Au-Ag-Те жильный, Au-Ag-Те эпитеpмальный, «щелочной» тип эпитеpмальных месторождений Au (Bonham, 1986; Richards, 1995). Характерной чертой таких рудообразующих систем является то, что эпитеpмальное оруденение на глубине часто сменяется Au-Cu порфиpовой минерализацией, ассоциирующей со щелочными габбро и сиенитами. Примерами месторождений А-типа являются такие объекты мирового класса как Крипл Крик (Колорадо, США, 673 т Au), Аккупан (Филиппины, 500 т Au, ~500т Ag), Эмперор (Фиджи >120 т Au), Лэдолам (Папуа-Новая Гвинея, 680 т Au), Кочбулак (Узбекистан), Меградзор (Армения) и др.

Широкинский рудно-россыпной узел расположен в структурах Белореченской зоны Сетте-Дабанского палеорифта (Сагир, 2001). Вмещающий комплекс узла представлен карбонатными и вулканогенно-осадочными породами PZ₁₋₂, прорванными редкими дайками диабазов (D), а также терригенными отложениями C₁₋₂. Имеют место выходы габбро-долеритов и ультракалийевых сиенитов. Многолетние исследования авторами геологии и минералогии узла (Кондратьева и др., 2010) показывают, что есть все признаки отнести благороднометалльное оруденение к А-типу золотосеребряных эпитеpмальных месторождений. В пользу данного предположения говорит следующий фактический материал: геодинамическая позиция – палеорифт; ассоциирующие магматические породы – ультракалийевые сиениты (K₂O – 7.93–15.05%); формы проявления гидротермальной минерализации – зоны дробления, жилы в разломах; рудные минералы – Au, Те, Bi, ртутистое Ag, электрум, теллуриды Au, Ag, Pb, Bi, сульфотеллуриды Ag и Sb, пирит, сульфиды цветных металлов, сульфосоли, V-содержащие сульфостаннаты, станнаты, ванадаты, рутил, Те-содержащий канфильдит, Cu-содержащий аргиродит; жильные минералы – кварц, халцедон, барит, флюорит, карбонаты, каолинит; диагностические минералы – Au-Ag теллуриды (петцит, сильванит), V-содержащие сульфостаннаты (Zn-некрасовит, Zn-колусит, кестерит), станнаты (висмирновит, моусонит), ванадаты (карелианит), Те-содержащий канфильдит, флюорит; геохимические признаки – Au, Ag, Те, Bi, Sn, Pb, Zn; смена на флангах Au-Ag-Cu порфиpовой минерализацией.

Работа выполнена в рамках партнерского проекта №48 между СО и ДВО РАН.

Литература

Кондратьева Л.А., Анисимова Г.С., Стручков К.К. Комплексная рудоносность и алмазосность Белореченской зоны Сетте-Дабанского палеорифта // Отечественная геология. 2010. №6. С.3–11.

Сагир А.В., Дорофеева Р.И., Круковский П.Ю., Филатова Ю.Б. Структура, магматизм и металлогения Белореченской зоны Сетте-Дабанского палеорифта // Отечественная геология. 2001. №1. С.34–43.

Коваленкер В.А. Минералого-геохимические закономерности формирования эпитеpмальных руд золота и серебра. Диссертация д.г.-м.н. М.:ИГЕМ РАН, 1995. 102 с.

Коваленкер В.А. Рудообразующие системы эпитеpмальных золото-серебряных месторождений: концепции, реальность, модели//Проблемы рудной геологии, петрологии, минералогии и геохимии. М.:ИГЕМ РАН, 2004. С.160–184

Bonham H.F., Jr. Models for volcanic-hosted epithermal precious metal deposits a review // Int. Volcanol. Congress. Hamilton, New Zealand.Symp. 5. Proceedings, 1986. P.17.

Richards J.P. Alcalic-type epithermal gold deposits– a review //Magmas, fluid and ore deposits (J.E.H. Thomsson, ed.). Minerflogical Assoc. of Canada. Short course ser. 1995. V.23. P.367–400.

Типохимизм турмалина различных оловоносных ассоциаций Дальнего Востока

Балашов Ф.В., Гореликова Н.В., Грибоедова И.Г.

ИГЕМ РАН, *balashfil@mail.ru*

Изучены типохимические особенности турмалинов из различных оловоносных ассоциаций: гранитов, монцогранитов, аплитов, шлиров в гранитах, гранит-порфирах, грейзенах, пегматитах и гидротермальных руд различных месторождениях Дальнего Востока.

Минералы надгруппы турмалина имеют сложную формулу с характерным проявлением изовалентного и гетеровалентного изоморфизма в кристаллической структуре: $XY_3Z_6[T_6O_{18}][BO_3]_3V_3W$, где X = Na, Ca, K, Vac (вакансия); Y = Li, Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, Ni, Al, Cr³⁺, V³⁺, Fe³⁺, (Ti⁴⁺); Z = Mg Al Fe³⁺ V³⁺ Cr³⁺; T = Si Al (B); V = B, Vac; W = OH, O; W = OH, F, O.

Большое разнообразие химического состава и различный характер изоморфизма позволяет рассматривать турмалин как индикатор условий рудоотложения и минералообразования.

Исследование особенностей химического состава и зональности кристаллов турмалина проводилось в ИГЕМ РАН на электронно-зондовом микроанализаторе GEOL/JXA-8200.

Турмалины из различных оловоносных ассоциаций, различаются по содержанию изоморфных компонент: шерла, дравита, ферувита и фойтита, а также – типами изоморфизма: изовалентным Fe^Y-Mg^Y и гетеровалентным Fe^Y+Mg^Y - Ca^X+Na^X, Fe^Y+Mg^Y - Vac^X+Na^X.

Проведя обработку полученных данных, был выявлен ряд корреляционных зависимостей между содержанием различных химических элементов и их отношений, входящих в структуру минерала и свидетельствующих об изоморфизме Fe в Al октаэдрах, Si в Al октаэдрах или Al в Si тетраэдрах, а также Fe и Mg в Y позиции.

Проанализированный турмалин из брекчий содержит больше Al, на 20% больше щелочей и менее магнезиален, в то время как турмалин из гранит-порфиров более железистый. Полученные результаты свидетельствуют о том, что турмалины из брекчий и из гранит-порфиров имеют разный состав, что указывает на различные условия их формирования.

Анализируя отношения сумм (Vac к сумме Vac + Na и Fe к сумме Fe + Mg), можно сказать, что турмалины имеют два характера распределения по содержанию Vac и Na в X позиции структуры. Так, для турмалинов из брекчий отмечается довольно широкий разброс значений ~ 30%, в то время как для турмалинов из гранит-порфиров практически не превышает ~20%, что может говорить об относительно более стабильных соотношениях элементов входящих в X позицию кристаллической структуры.

Анализируя отношения сумм (Ca к сумме Ca и Na и Fe к сумме Fe и Mg), можно сказать о том, что для турмалинов намечаются различные тренды, характеризующие состав и тип зональности кристаллов. Так, для турмалинов из гранит-порфиров характерна осцилляторная зональность, отражающая соотношение Fe и Mg, а для турмалинов из брекчий характерно высокое содержание ферувитового компонента – до 30%.

Проведя сравнительный анализ содержаний элементов, входящих в X позицию структуры турмалина – Vac, Na+K, Ca, видим, что, несмотря на то, что маркеры точек ложатся в щелочную группу с низким содержанием Ca компоненты, можно выделить характерные тренды для турмалинов разных ассоциаций. Так, турмалины из брекчий содержат на 20% больше щелочей, чем турмалины из гранит-порфиров, что указывает на различные условия формирования пород, в которых кристаллизовались турмалины.

В результате были выделены турмалины различных изоморфных рядов: шерл-дравитового, шерл-фойтитового и шерл-ферувитового, характеризующиеся соответствующими типами изоморфизма: Fe^Y - Mg^Y, Fe^Y+Mg^Y - Ca^X+Na^X, Fe^Y+Mg^Y - Vac^X+Na^X.

Литература

Гореликова Н.В. Парагенезисы микроэлементов турмалина оловорудных формаций. Владивосток, 1988.

Burnham C.W. Energy Release in Subvolcanic Environments' Implications for Breccia Formation / Economic Geology. Vol.80. 1985. Pp.1515–1522.

Hawthorne, F.C., MacDonald, D.J., and Burns, P.C. (1993) Reassignment of cation site occupancies in tourmaline; Al-Mg disorder in the crystal structure of dravite. American Mineralogist. 78. Pp.265–270.

Щелочные комплексы Таухинского террейна, Приморье

Баскина В.А.

ИГЕМ РАН, *baskin@orc.ru*

В Таухинском террейне Приморья распространен комплекс меловых калиевых щелочных пикритов и габброидов, пока недостаточно изученных. Тела пород этой серии с признаками активных внедрений встречены в юрско-раннемеловых кремнисто-вулканогенных отложениях горбушинской свиты, в валанжин-готеривских аркозовых песчаниках и алевролитах матрикса олистостромы, в различного состава олистоплаках этой олистостромы, включая триасовые известняки. В более молодых отложениях региона такие тела не известны.

В нашем примере, в небольшом по площади (около 4 км в поперечнике) ареале в центре Дальнегорского рудного узла, они представлены в разных фациях: от вулканических, стекловатых до интрузивных полнокристаллических, с преобладанием субвулканических даек и пологих залежей. Породы, независимо от фациальной принадлежности, однотипны по составу. Они отличаются высокими K/Na отношениями, высокими концентрациями Ti, P, F, Ba, Th, LREE, Zr, Nb. Для всех характерна кристаллизация в единой последовательности. В щелочных диабазах и габброидах на ранних стадиях кристаллизовались оливины, плагиоклазы, диопсид-авгиты, железо-титановые окислы, а на поздних – титан-авгиты, керсутиты, титаномагнетиты, калишпаты, апатиты, эпидоты, актинолиты. Смена составов в генерациях одноименных темноцветных минералов однотипна в разобщенных телах. Особенности состава указывают на образование пород из единого магматического очага и принадлежность к единому вулcano-интрузивному комплексу, к единой локальной магматической постройке, хотя на современном срезе части постройки разрознены и тектонизированы. Если бы речь шла о появлении такой щелочнобазальтовой вулканической постройки на океанической коре, о ее перемещении и разрушении, то отдельные слагающие ее тела не могли бы интродировать как в плиты подстилающих олистострому океанических кремнисто-терригенных осадков, так и в разновозрастные олистолиты, и в матрикс олистостромы. Внедрение расплавов происходило после соединения всех членов разреза террейна, в том числе и после накопления олистостромы (после аккреции?) – т.е. предположительно в рифтовых разломах краевой части континента. О континентальной природе комплекса свидетельствует и обогащение пород барием. Отношения $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}$ (0.5126–0.5127) и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.7048–0.7061) лежат в области изотопных отношений OIB, а также внутриплитных базальтов, типичных для окраинно-континентальных рифтов.

Активность флюидов, обогащенных водой и щелочами продолжалась на позднемагматической стадии привела к появлению в телах габброидов фации щелочных керсутит-порфирировых лампрофиров, в наибольшей степени обогащенных LREE, LILE, HFSE (SiO_2 44–49%; TiO_2 2.3–4.3%; K_2O 6.1–8 %; F 0.4–0.5% Sr 480–900 г/т; Ba 1100–4500 г/т; Zr 230–390 г/т; Nb 110–246 г/т; Cr 16–20 г/т; Th 16–18 г/т; La 500–700, La/Lu 22–80). Мы предполагаем, что с этой флюидной активностью связано формирование первичной, данбуритовой минерализации в рудном районе. Позже, в палеогене, при переотложении датолитовых руд, рудоносные флюиды уже не были щелочными. Воздействие этих обогащенных калием рудоносных гидротерм с высокой долей метеорных вод привело к омоложению изотопных датировок, чем и объясняется несовпадение между K-Ar и Ar-Ar возрастом пород щелочного комплекса (115–63 млн. лет) и их отсутствием в толщах, перекрывающих раннемеловую олистострому.

Калиевый пикрит-щелочнобазальтовый комплекс ранее был выделен И.Н.Говоровым в локальную палеогеновую «сихалинскую» серию щелочных дифференциатов: иситов, шонкинитов, трахитов, эссексит-диабазов, очаг которых возник под воздействием ювенильных калиевых флюидов, а эволюция завершилась формированием в миоцене крупного скарново-боросиликатного месторождения. Многие из этих представлений не подтвердились. Так, ни трахиты, ни эссексит-диабазы не являются дифференциатами щелочного очага, это базальты даек, измененные предрудными процессами; изотопные возрасты меловых тел омоложены; продуктивное борное оруденение сформировано в палеогене). Однако, факты согласуются с его главной идеей о длительной активности локального потока ювенильных щелочных флюидов, определивших и многие петро-геохимические особенности изверженных пород ареала и первичное появление крупных борных концентраций. Состав и условия залегания тел калиевого щелочного комплекса противоречат распространенным ныне представлениям о пассивном залегании щелочных тел Таухинского террейна в виде тектонических отторженцев в аккреционной призме, об их формировании в океанической коре и связи с триасовыми гайотами.

Хронология формирования рудных объектов в пределах Джугджуро-Станового супертеррейна (юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона)

Бучко И.В.¹, Сорокин А.А.¹, Пономарчук В.А.², Бучко Ир.В.¹, Травин А.В.²

¹ИГуП ДВО РАН, *inna@ascnet.ru*; ²ИГМ СО РАН, *ponomar@igm.nsc.ru*

В пределах юго-восточного обрамления Северо-Азиатского кратона известны многочисленные и разнообразные по своему составу месторождения и рудопроявления цветных, редких и благородных металлов. При этом главной эпохой золотой, серебряной, полиметаллической, молибденовой и других видов минерализации в пределах этого региона является мезозойская. С ней связывается образование эпигенетических жильных и сингенетических вулканогенных месторождений и проявлений, наиболее крупными из которых являются Бамское, Березитовое, Выходное, Моготинское, Десс, Сивакан, Ерничное, Находка, Апсакан, Чильчинское и другие.

Вопросам геологического строения и металлогенического районирования юго-восточного обрамления Северо-Азиатского кратона, в целом, и Джугджуро-Станового супертеррейна, в частности, посвящена многочисленная литература. Однако лишь в последние годы удалось получить новые данные о возрасте целого ряда магматических, метаморфических комплексов и некоторых рудных объектов, что позволило существенно уточнить вопросы тектонической эволюции и металлогении этой структуры.

В таблице приведены результаты геохронологических исследований (⁴⁰Ar/³⁹Ar метод, погрешность ± 2 sigma), для рудных объектов Джугджуро-Станового супертеррейна.

| Месторождение/ проявление | Возраст | Материал датирования |
|------------------------------|--------------------------|--|
| Бамское (Au) | 129.8 \pm 1.8 млн. лет | Серицит из серицитового метасоматита |
| Десс (Au-Ag) | 128.5 \pm 1.5 млн. лет | Серицит кварц-серицитового метасоматита |
| Могот (Ag) | 125.3 \pm 1.3 млн. лет | Адуляр из кварц-адуляр-серицитового метасоматита |
| | 127.4 \pm 4.3 млн. лет | Серицит из кварц-адуляр-серицитового метасоматита |
| Выходное (Mo-Au) | 123.6 \pm 1.2 млн. лет | Биотит гидротермального происхождения из рудоносного штока (Сотников и др., 2007) |
| | 122.6 \pm 1.9 млн. лет | Биотит гидротермального происхождения из диоритов 1 фазы Чильчинского массива (Сотников и др., 2007) |

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что возрастные оценки, полученные для объектов с различным типом оруденения в пределах Джугджуро-Станового супертеррейна, достаточно близки между собой. Это обстоятельство позволяет рассматривать исследованные объекты в составе единой эпохи рудообразования и связывать их формирование со становлением интрузий тындинско-бакаранского комплекса. При этом представляется важным отметить, что в направлении с юга на север намечается следующая последовательность рудных объектов Au-Ag – Au – Mo(Au), тяготеющих к приконтактовым частям интрузий.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект 12-05-00074), Президиумов ДВО РАН и СО РАН (проект 12-II-SO -08-030).

Литература

Сотников В.И., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. Геохронология мезозойских гранитоидов и связанного с ними молибденового оруденения западной части Джугджуро-Станового супертеррейна // Доклады Академии наук. 2007. Т.416. №6. С.794–798.

Перспективы открытия новых типов месторождений благородных металлов на северо-востоке России

Волков А.В., Сидоров А.А., Алексеев В.Ю.

ИГЕМ РАН, tma2105@mail.ru

В кратонных террейнах (Омолонский, Охотский) сохранилось золотоносное докембрийское оруденение железисто-кварцитового, колчеданного и мафит-ультрамафитового (Cu, Ni, Cr) рудноформационных рядов. Масштабы золото-железисто-кварцевой минерализации здесь могут быть значительны. Палеозойские вулканоплутонические пояса контролируют на кратонных террейнах размещение уникальных золото-серебряных месторождений, среди которых прогнозируется открытие месторождений высокосернистого подтипа. Кроме того, с вулканогенными поясами связано формирование месторождений золота в джаспероидах (Карлинского типа).

В доаккреционный период в процессе накопления толщ верхоянского комплекса в рифтовых зонах и на погруженных микрократонах в приразломных рудоконцентрирующих зонах формировались сульфидные и сульфидно-вкрапленные сингенетичные руды. Степень их золотоносности была, по-видимому, тесно связана с унаследованной докембрийской минерализацией. На кратонных террейнах отлагались вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи с субмаринными золото-сереброносными медно-свинцово-цинковыми рудами колчеданной (типа Куроко) и порфировой формаций и их эпитермальными сателлитами. Следует отметить, что на Американском побережье Тихого океана в подобных геодинамических обстановках известны весьма крупные золото-серебро-полиметаллические месторождения (Грин Крик, Аляска, США и Ескай Крик, Британская Колумбия, Канада).

В коллизионно-аккреционный период интенсивно развивались метаморфогенные сульфидно-кварцевые жилы, связанные с мощным гранитоидным магматизмом (Au, Sn-W и другие) и зеленосланцевым метаморфизмом. Степень золотоносности этих жил также была связана с унаследованностью от доаккреционных золото-сульфидных формаций.

В постаккреционный период основная часть медно- и олово-серебро-порфирировых месторождений и сопряженных с ними эпитермальных золото-серебряных и полиметаллических месторождений сформировалась в связи с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом и сопутствующим ему зонами тектоно-магматической активизации. Вместе с тем, в связи с активизацией доаккреционных рудоконцентрирующих разломов на участках до- и синаккреционного сульфидного (преимущественно пиритового и пирротинового) оруденения сформировались мощные зоны тонкой сульфидной минерализации (арсенопирит, пирит), золотоносность которых также представляется унаследованной. В рудноформационном ряду золото-сульфидной формации Майского типа (Чукотка) отмечены также месторождения золота связанные с гранитоидами, полиметаллические, сурьмяные и ртутные месторождения. В карбонатно-терригенных толщах на периферии поясов и в зонах ТМА могут быть выявлены золотоносные джаспероиды.

Кайнозойские Корьякско-Камчатские вулканогенные пояса характеризуются широким развитием палеоген-неогеновых эпитермальных золото-серебряных и золото-теллуридных месторождений медно-порфирировых и базит-ультрабазитовых рудноформационных рядов.

На шельфе арктических морей Чукотки и на острове Врангеля могут быть открыты крупные россыпные месторождения золота.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 11-05-00006-а, 12-05-00443-а).

Перспективность золотоносности оловорудных районов Северо-Востока России

Гамянин Г.Н.^{1,3} Горячев Н.А.²

¹ИГЕМ РАН, *ggn@igem.ru*; ²СВКНИИ ДВО РАН, *goryachev@neisri.ru*;
³ИГАБМ СО РАН

Для Северо-Востока Азии общеизвестно сонахождение месторождений золота и олова в единых тектонических структурах в связи с крупными плутоническими поясами. Однако причины такого сонахождения традиционно усматривались только как случайные и длительное время господствовала точка зрения об антагонизме Au и Sn. Появившиеся в последние десятилетия новые данные о золотоносности оловорудных месторождений и оловоносности золото-висмутовых месторождений позволили показать существование гораздо более тесных связей между этими металлами в эндогенных процессах. Нами ранее (Горячев, Гамянин, 2000) были приведены данные о близкой геохимической (Au, Sn, Ag, Bi) специализации магматических образований оловорудных и золоторудных регионов, что связано с сиалическим фундаментом под основными металлогеническими поясами и подтверждается многочисленными геофизическими данными и присутствием в гранитоидах ксенолитов гнейсов и кристаллических сланцев. Различие в металлогенической специализации обусловлено геодинамическим развитием территории и условиями становления рудно-магматических систем. При формировании наиболее ранних (~150 млн. лет) региональных батолитовых поясов отмечается пространственное и временное совпадение касситерит-силикатного и золото-висмутового оруденения. Функционирование золоторудных РМС купольного типа происходит в условиях сжатия в связи с коллизионными процессами, становлением промежуточного очага, продуцирующего основное малосульфидное золотое орудение, на глубинах 15 ± 5 км, а с малоглубинными камерами которых связано преимущественно более раннее золото-висмутовое оруденение. Зарождение и эволюция аналогичных оловорудных РМС происходит в условиях растяжения, становлением их промежуточных камер на 8–10 км уровнях глубинности с генерацией рудообразующих флюидов касситерит-сульфидного типа. Малоглубинные дериваты этих очагов продуцируют касситерит-силикатное, касситерит-силикатно-сульфидное и более раннее золото-висмутовое оруденение. Типичными примерами развития такого варианта оруденения служит Дербек-Нельгехинский поперечный магматический ряд с наличием многочисленных, но мелких золото-висмутовых месторождений типа Галечного и Сеймчанский оловорудный район с Au-Bi-Co месторождениями. В связи с более ранним формированием золото-висмутового оруденения в поздних оловорудных объектах возможно проявление наведенной золотоносности с содержаниями Au 1–4 г/т в оловоносных рудных телах (Мангазейский рудный узел). На примере Дербек-Нельгесинского поперечного магматического ряда с оловорудной специализацией в направлении с северо-востока на юго-запад установлено уменьшение интенсивности малоглубинного магматизма, возрастание промышленного серебряного и золотого потенциала оруденения. На крайней юго-западной границе разведано крупное промышленное месторождение золота висмут сидерит-полисульфидного типа, производного магматических камер среднего уровня глубинности – 3–4 км. В субмеридиональной Кыгылтасской металлогенической зоне выявлен целый ряд рудопроявлений с аналогичным типом минерализации.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований проекты 12-05-00623а, 12-0598506 р-восток-а.

Литература

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н. О хронологической сопряженности золотого и оловянного оруденения в мезозоидах Северо-Востока Азии // Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты. М.: ИГЕМ, 2000. С.121–124.

Стратиформно-эпигенетические месторождения вольфрама Сихотэ-Алинской зоны (Дальний Восток)

Гетманская Т.И.

ФГУП «ВИМС», *sheelit@mail.ru*

Сихотэ-Алинская складчатая система – одна из крупнейших вольфрамоносных провинций России; ведущим формационным типом оруденения является скарновый с богатыми шеелит-сульфидными рудами (Восток-2 и Лермонтовское). В конце прошлого столетия в центральной части Сихотэ-Алинской зоны в пределах Малиновской площади были открыты месторождения – Скрытое, Кордонное и несколько рудопроявлений.

Месторождение Кордонное расположено в центральной части Сихотэ-Алинской зоны в 35 км от вольфрамового месторождения Скрытое, уникальные запасы которого были утверждены в 2012 г. в ГКЗ. Геологические особенности и закономерности формирования месторождений позволили отнести их к новому для этой вольфрамоносной металлогенической провинции стратиформному метаморфогенно-гидротермальному типу. Принципиальным отличием его от скарновых постмагматических месторождений является осадочно-вулканогенный источник вольфрама. Пластовые субгоризонтальные согласные со слоистостью вмещающих вулканогенно-сланцевых пород рудные тела приурочены к определенным литологическим горизонтам, ритмично повторяющимся в разрезе толщи.

Месторождение Кордонное является объектом сложного строения и относится к полиформационным образованиям, сформированным в три этапа:

Первый этап. Осадочно-диагенетическое накопление вольфрама в вулканогенных породах основного состава; мобилизация, концентрация рассеянного вольфрама при процессах метаморфизма амфиболитовой-зелёносланцевой фации; образование пластовых скарноидных тел амфибол-шеелит-сульфидного состава (W, Cu, Au).

Второй этап. Связан с активизацией древнего блока пород в средне- верхнеюрский период; внедрение плутоногенно-вулканогенной интрузии не выходящей на поверхность; ремобилизация, перекристаллизация оруденения скарноидного типа; развитие штокверкового кварц-полевошпат-шеелитового оруденения. Наиболее богатые шеелит-амфибол-сульфидные и штокверковые руды приурочены к центральной надкупольной части скрытой интрузии и выходящих на поверхность некка и эксплозивной брекчии. Гидротермальный метасоматоз «пропилитовой» формации наложен на пластовые скарноидно-шеелитовые руды; сопутствующий этой стадии комплекс рудных элементов – Au, Ag, Cu, Bi, Re, TR.

Третий гидротермально-экзогенный этап связан с эксплозивной вулканической деятельностью: окисление (выветривание) руд на поверхности. Образование зоны вторичного обогащения W, Re. Высокие концентрации сорбционных примесей W и Re в окисленных рудах впервые установлены на шеелитовых месторождениях стратиформно-эпигенетического генезиса.

Физико-химические условия образования руд месторождения Надежда (Магаданская область)

Глухов А.Н., Колова, Е.Е.

СВКНИИ ДВО РАН, *gluhov76@list.ru*

Золоторудное месторождение Надежда находится в Среднеканском районе Магаданской области. Открыто в 2011 г. Располагается в пределах Приколымского террейна пассивной континентальной окраины, на фланге Шаманихо-Столбовского рудно-россыпного района. Рудное поле сложено динамометаморфизованными терригенными и вулканогенными породами рифея и венда. В структурном отношении представляет собой пакет надвиговых чешуй, осложненный поздними крутопадающими разломами. Рудные тела – пластообразные штокверки лимонит-сульфидно-кварцевого состава. Руды сложены кварцем, полевыми шпатами, мусковитом, гематитом и пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, пирротином, шеелитом, блеклыми рудами и самородным золотом. Содержание рудных минералов < 2%. Отношение Au/Ag 10:1. Самородное золото мелкое (0.1 мм), высокопробное (850–950‰). Геохимический спектр руд: Au-Pb-As-Cu-Zn-Co-Ag-Bi-Mo; состав продуктивной геохимической ассоциации: Au-Ag-As-Cu-Bi-Te. Рудные тела характеризуются зональностью – богатые руды с крупным высокопробным золотом сосредоточены на горизонтах с наибольшими гипсометрическими отметками; на глубоких горизонтах наблюдаются повышенные концентрации Mo, Co и W. Минералого-геохимические особенности руд позволяют отнести месторождение Надежда к золото-редкометалльной формации.

Микротермометрические исследования флюидных включений проводились с использованием измерительного комплекса на основе микротермокамеры THMSG-600 фирмы Linkam. По фазовому составу выделено два типа ФВ: 1) L – газовой-жидкие ($F = 0.6–0.9$); 2) LC – включения, содержащие фазы водного раствора и газообразной CO_2 ($F = 0.2–0.6$). ФВ преимущественно обладают изометричными, редко округлыми и неравновесными формами. Температурный диапазон гомогенизации ФВ в кварце представленных образцов охватывает интервал – 336–150°C, показатели температур гомогенизации ФВ имеют полимодальное распределение, что указывает на несколько стадий рудообразования. Среднеарифметические значения температур гомогенизации составляют 224–264°C.

Измерения температур эвтектики ФВ выявили стабильность состава растворов, близкий к NaCl с небольшой примесью ионов Mg и Fe (Тэвт. = -39 – -18°C). Концентрации растворов охватывают интервал от 3.0 до 18.1 мас.% экв. NaCl.

ФВ, гомогенизирующиеся при температурах 340–220°C, преимущественно относятся к включениям LC-типа, для них характерно нестабильное распределение показателей солёности растворов от 2 до 18 мас.% экв. NaCl и плотностей $d =$ от 0.65 до 1 г/см³. ФВ, гомогенизирующиеся при температурах 140–200°C большей частью относятся к включениям L-типа, для них напротив, присуще стабильное распределение как показателей концентрации от 0 до 8 мас.% экв. NaCl, так и плотностей растворов $d = 0.9–1$ г/см³.

Руды месторождения Надежда формировались в условиях средних температур 340–150°C, в несколько стадий из средне концентрированных гидротерм, насыщенных CO_2 и ионами Na, Mg, Fe. При этом, на высокотемпературном этапе главенствующую роль играли растворы, насыщенные CO_2 . Давление рудообразования оценивается в 1072–586 бар, что характерно для закрытых рудных систем, формирующихся без тектонической связи с поверхностью (Мельников и др., 2008). Это хорошо согласуется с пологим залеганием рудных тел и интенсивно проявленной зональностью и указывает на значительное проявление процесса термостатирования при формировании руд, обусловленном геологической структурой рудного поля и определившей своеобразие месторождения.

Литература

Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия: Учебник для вузов. М.: Академический Проект, 2008. 222 с.

Медно-порфиновые рудные системы мезозойских вулканогенных поясов Северо-Востока Азии – черты сходства и различия

Глухов А.Н., Колова, Е.Е., Савва Н.Е.

СВКНИИ ДВО РАН, *gluhov76@list.ru*

Медно-порфиновые рудные системы (МПРС) на Северо-Востоке Азии известны в пределах трех вулканогенных поясов – позднеюрских Уяндино-Ясачненского (УЯВП) и Олойского (ОВП), раннемелового Удско-Мургалского (УМВП). УЯВП характеризуется латеральной зональностью, выражающейся в распространении в его западном отрезке, развитом на мафическом основании, колчеданной Cu-Zn минерализации (Хотойдох), в центральном отрезке, наложенном на карбонатные толщи террейнов-отторженцев окраины Северо-Азиатского кратона – Cu-порфинового (Невидимка) в ассоциации с жильным Pb-Zn (Опыт), а на восточном, среди докембрийских вулканитов – жильного Cu-Pb-Zn (Глухой) и Au-Ag (Тимша). Магматические ассоциации ОВП характеризуются повышенной щелочностью. Cu-порфиновые месторождения этого пояса (Песчанка, Находка), ассоциируют с эпитермальным Au-Ag-Te-Bi и Pb-Zn оруденением (Весеннее, Прямой) (Бакшеев и др., 2013). УМВП отличается распространением тоналит-гранодиоритовой магматической ассоциации. Здесь наблюдается поперечная зональность от Cu-Fe, через Cu-Mo (Лора) к Au-Ag (Джультта) минерализации. Все пояса имеют различный возраст и принадлежат к различным глобальным тектоническим ареалам (УЯВП и ОВП – Арктическому, УМВП – Тихоокеанскому). В этой связи представляет интерес сопоставления индикаторных геохимических особенностей МПРС, таких как элементные спектры руд и изотопный состав сульфидной серы.

Cu-порфиновые и Cu-полиметаллические руды центрального и южного отрезков УЯВП характеризуются одинаковым геохимическим спектром руд Cu-Ag-Pb-(As, Au, Bi, Sb) и специфически высокими значениями $\delta^{34}\text{S} = +4.2\text{--}+13.0\text{‰}$. Cu-порфиновые и Au-Ag руды месторождений ОВП содержат промышленные концентрации Mo и низкие – Pb, Zn; значения $\delta^{34}\text{S}$ варьируют от -5.2 до -3.8‰ (Бакшеев и др., 2013). МПРС УМВП свойственна Cu-Mo-Au-Ag-Bi-Te геохимическая специализация руд, высокая положительная корреляция Cu с Gr, и отсутствие As; значения $\delta^{34}\text{S}$ от -3.9 до +3.54‰. Охарактеризованные черты геохимии МПРС отражают специфику их генезиса и состава ассоциирующих вещественных комплексов. Повышенная роль Pb, As, Sb в МПРС УЯВП отражает сиалический состав субстрата карбонатно-терригенных толщ Приколымского и Омудевского террейнов; высокие концентрации Mo в МПРС ОВП – увеличенную щелочность магматизма Олойского пояса; фемическая специализация руд УМВП – роль базитовых островодужных магматических комплексов. «Тяжелая» сера МПРС УЯВП не имеет аналогов среди месторождений Северо-Востока РФ, и необычна для МПРС вообще. Так, «классические» Cu-порфиновые месторождения Аризоны (Моренси) и Кавказа (Дастакерт) по нашим данным характеризуются значениями $\delta^{34}\text{S}$ от -0.5 до -2.0‰, Филиппин (Лепанто) (Hedenquist and Garcia, 1990) – $\delta^{34}\text{S}$ от -2.0 до -5.0‰. Особенности состава руд МПРС УЯВП, по нашему мнению, можно объяснить консолидированным характером литосферных блоков и зрелостью корового вещества, в отличие от заложенных на слабо консолидированном существенно фемическом субстрате ОВП и УМВП.

Таким образом, геохимия МПРС вулканогенных поясов Северо-Востока Азии определяется, в первую очередь, сиаличностью региональных структур, вмещающих, либо подстилающих оруденение, либо парагенетически связанных породных ассоциаций.

Литература

Бакшеев И.А., Николаев Ю.Н., Прокофьев В.Ю., Нагорная В.Е., Читалин А.Ф., Сидорина Ю.Н., Марущенко Л.И., Калько И.А. Золото-молибден-медно-порфировая эпиптермальная система Баимской рудной зоны, Западная Чукотка, Россия // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Т.1. Якутск: ИПК СВФУ, 2013. С.58–61.

Hedenquist J.W., Garcia Jr. Sulfur isotope systematics in the Lepanto mining district, Northern Luzon, Philippines // Mining Geology. 1990. V.40. P.67.

Оловянные месторождения континентальных окраин

Гоневчук В.Г.¹, Бортников Н.С.², Гореликова Н.В.², Гоневчук Г.А.¹,
Коростелев П.Г.¹, Семеняк Б.И.¹

¹ДВГИ ДВО РАН, gonevchuk@fegi.ru; ²ИГЕМ РАН, bns@igem.ru

Активные окраины континентов – наиболее характерная обстановка формирования и локализации месторождений олова в моделях плит-тектоники. Этому соответствует концентрация основной массы проявлений оловянной минерализации на территории России в крайней восточной её части – в зоне взаимодействия Тихоокеанских и Евро-Азиатской плит. В южной части этой территории они сконцентрированы в двух линейных ареалах – Хингано-Охотская (ХОО) и Сихотэ-Алинская (САО) оловоносные области (металлогенические пояса) Хингано-Сихотэ-Алинской металлогенической провинции. В террейновом анализе для ХОО характерна локализация рудных районов на границе архейско – палеозойских «кратонных» террейнов и террейнов мезозойских аккреционных призм, а для рудных районов САО – террейнов аккреционных призм и турбидитовых бассейнов.

Изотопный возраст рудно-магматической системы ХОО фиксируется в интервале 120–90 млн. лет, а САО – 115–45 млн. лет. В палеогеодинамических реконструкциях («Геодинамика, магматизм и металлогения...», 2006) это указывает на формирование первой при доминировании режима скольжения литосферных блоков, сменявшегося режимом активной субдукционной окраины, а второй – при доминировании режима субдукционного, которому предшествовал и который сменял во времени режим «скольжения».

Различия геодинамических режимов предполагают разные механизмы формирования и геохимические различия рудоносных магматических ассоциаций. Для ХОО – формирование бассейнов синсдвигового растяжения и магматизм «слэб-виндоу», а для САО – верхнемантийных диапиров при активном участии флюидов, поступавших из погружающейся океанической плиты. Источником геохимических различий могло быть также участие в магнообразовании разных по составу террейнов.

Генетические различия областей фиксируются также в особенностях рудной минерализации. В ХОО преобладают «моноэтапные» месторождения малосульфидных типов касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формаций. В парагенетических схемах-моделях они определяются как «моноэтапные, полистадийные». Минералого-геохимические различия стадий обусловлены эволюцией основного источника рудообразующих флюидов – магматического очага, а также изменениями параметров флюидов при их перемещении к области концентрации. Пример – Солнечное месторождение Комсомольского рудного района, где признаки смены рудных формаций обусловлены связью рудообразования с разными фазами одного магматического комплекса и обычной для таких месторождений фациальной зональностью (Бортников и др., 2005; Гоневчук и др., 2008)

В САО рудные районы и месторождения связаны с разными, в том числе изменяющимися геодинамическими обстановками. Как правило, промышленно – значимыми среди них являются объекты «полиэтапные», сформировавшиеся в условиях смены геодинамических режимов. В парагенетических схемах – моделях таких месторождений «этапы» фиксируются контрастными изменениями состава рудогенерирующего магматизма и формационной принадлежности рудно-метасоматического парагенезиса. Пример – Арсеньевское месторождение Кавалеровского рудного района, в формировании которого выделяется три этапа, соответствующие этапам геодинамической эволюции региона (Гоневчук и др., 2008).

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект № 11-05-00942 а) и Президиума ДВО РАН (проект 12-III-A-08-148).

Литература

Бортников Н.С., Ханчук А.И., Крылова Т.Л. и др. Геохимия минералообразующих флюидов некоторых оловянных гидротермальных систем Сихотэ-Алиня (Дальний Восток, Россия) // Геология рудных месторождений. Т.47. №6. С.537–570.

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. / Ред. Ханчук А.И. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.2. С.573–580.

Гоневчук В.Г., Кокорин А.М., Коростелев П.Г. и др. О проблемах в классификации оловянных месторождений на формационной основе // Тихоокеанский Рудный Пояс: материалы новых исследований. Владивосток: Дальнаука, 2008. С.66–84.

Сравнительный анализ оловоносных рудно-магматических систем Дальнего Востока логико-информационными методами

Гореликова Н.В.¹, Чижова И.А.¹, Гоневчук В.Г.²

¹ИГЕМ РАН, *ngor@igem.ru*; ²ДВГИ ДВО РАН

Изучение рудно-магматических систем (РМС) является одной из важных задач в геологии, т.к. позволяет выявить определенные критерии связи оруденения с магматизмом и получить новые знания об источниках рудного вещества при формировании рудных месторождений. Наиболее ценную информацию дает результат сопоставления систем с разными типами рудоносного магматизма. В работе сделана попытка провести сравнительный анализ оловоносных РМС Дальнего Востока, используя логико-информационный анализ, алгоритмы которого основаны на изучении вариационных рядов объектов исследования и принципе общности свойств (Чижова, 2010). Проведен сравнительный анализ геохимических ассоциаций магматических пород с целью выявления индикаторных свойств основных элементов и микроэлементов и их роли в эволюции рудно-магматических систем Дальнего Востока (Гоневчук, 2002). На основе полученных оценок (рис.1) построена геохимическая модель для распознавания рудно-магматических систем (Вознесенской, Хингано-Олонойской, Комсомольской и Кавалеровской). Выявлены интервалы-индикаторы значений элементов для четырех рудно-магматических систем, на основании которых проведена идентификация объектов.

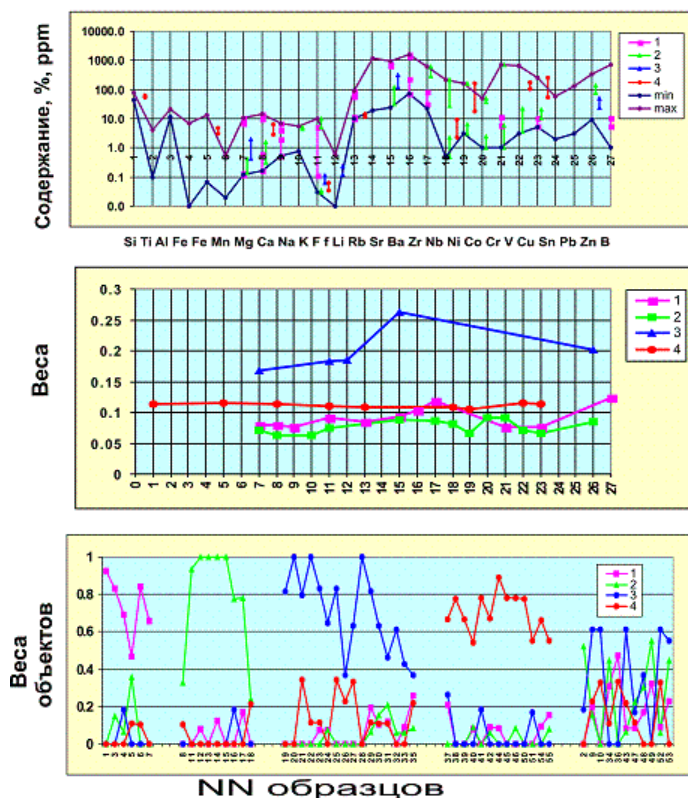


Рис.1. Результаты логико-информационного анализа рудно-магматических систем (1 - Вознесенской, 2 - Хингано-Олонойской, 3 - Комсомольской, 4 - Кавалеровской): выявлены интервалы-индикаторы геохимических признаков (сверху), оценена их важность (посередине), вычислены значения функции принадлежности объектов исследования.

Литература

Гоневчук В.Г. Оловоносные системы Дальнего Востока: магматизм и рудогенез. Владивосток: Дальнаука, 2002.

Чижова И.А. Логико-информационное моделирование при прогнозно-металлогеническом анализе перспективных площадей. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С.59–84.

Полученные результаты подтверждают корово-мантийную природу магматических комплексов. Установлено, что эти системы характеризуются различными геохимическими признаками, отражающимися в различном соотношении литофильных (Li, K, Rb, Cs, Sr, Ba, Eu), высокозарядных элементов (Sc, Y, Zr, Hf, Pb, U, Th, Nb), REE и сидерофильных компонентов (Co, Ni, Cr, V, Cu). Вознесенская и Хингано-Олонойская РМС богаче литофильными элементами, в то время как магматические комплексы Комсомольской и Кавалеровской систем обогащены высокозарядными элементами. Полученные данные подтверждают значительную роль мантийного вещества в формировании Комсомольской и Кавалеровской РМС по сравнению с Вознесенской и Хинганго-Олонойской.

Специфика раннемелового оруденения Охотско-Корякского пояса

Горячев Н.А., Савва Н.Е., Колова Е.Е., Глухов А.Н., Михалицына Т.И.,
Малиновский М.А., Семьшев Ф.И.

СВКНИИ ДВО РАН, goryachev@neisri.ru

Проведенные нами исследования в структурах Северного Приохотья охватили центральный сектор раннемелового Охотско-Корякского орогенного пояса (ОКОП) и сопряженный с ним юго-восточный фланг позднеюрско-раннемелового Яно-Колымского орогенного пояса (ЯКОП): Куларо-Нерский, Омудевский и Приколымский террейны, а так же Уяндина-Ясачненский позднеюрский вулканогенный пояс (УЯВП). Центральный сектор ОКОП состоит из островодужного Кони-Тайгоносского и шельфового Вилигинского террейнов зажатых между Охотским и Омолонским кратонными террейнами. На севере они сочленяются с Куларо-Нерским сланцевым террейном ЯКОП (Ханчук, 2006). Указанные террейны спаяны позднеюрско-раннемеловой Удско-Мургальской магматической дугой (УММД) и перекрыты позднемеловыми вулканическими комплексами и сопутствующими интрузивными ассоциациями Охотско-Чукотского окраинно-континентального вулканогенного пояса (ОЧВП).

Сочетание в относительно небольшом пространстве разнообразных геодинамических обстановок привело к формированию многочисленных интрузивных и вулканических комплексов пестрого состава, сопровождающихся разновозрастным оруденением. Нами здесь выделяются пять этапов формирования руд:

Первый этап представлен Си-порфировым (Находка, Кунарево – древнее 141 Ма) и сопряженным с ним скарново-полиметаллическим оруденением, связанным с формированием УЯВП.

Второй этап – главный орогенный этап ЯКОП с типичным Au-Bi (Чепак, Малыш, Чистое – 140–149 Ма), скарновым, жильным Sn (Каньон, Лазо – 146–144 Ма), орогенным Au (Утинское и пр. – 140–135 Ма) и жильным W (Малиновое, Лево-Бохапчинское – 148 Ма) оруденением, связанным с формированием коллизионных гранитоидов Главного Колымского пояса.

Третий этап – этап формирования руд связанных с вулканитами (Au-Ag – Джульетта, Паук – 136–132 Ма) и сопутствующими им гранитоидами (W – О-Кей, Си-порфировое – Цирковое, Перекатное и Со – Обход, Верхне-Арманское, Подгорное – 142–132 Ма) УММД.

Четвертый этап – собственно орогенный для ОКОП с месторождениями Au – Ветренское, Новая, Надежда, Школьное, Ветвистое, Чумыш – 126–115 Ма, Ag-Pb-Zn скарнов – Арманское и Sn-Be-Ta-Nb пегматитов – Приискатель – 130–125 Ма.

Пятый этап послеророгенного растяжения с Си-Мо-порфировым и Мо жильным (Лора, Хакандя – древнее 102–104 Ма), Au-Bi (Тэутэджак – менее 103 Ма), Со-Ag-As-Bi-редкометальным (Верхне-Сеймчанское, Волочек – древнее 105 Ма) и Au-Ag (Нявленга – древнее 93 Ма).

Для оруденения ОКОП характерно широкое распространение минералов Bi, Co, Te, Se, Ag, Mo в рудах и преобладание в их составе более тяжелого изотопа серы (+3...-6‰ – за исключением кобальтовых руд месторождений Верхне-Сеймчанского и Волочек) по сравнению с рудами ЯКОП (-3...-15‰).

Прошлое и будущее золотой Колымы

Григоров С.А.

ООО "Хужир Энтерпрайз", grigorovrim@mail.ru

Уникальные колымские россыпи золота практически исчерпали свой потенциал в прошлом веке. В сознании большинства исследователей закрепилось мнение о высоком эрозионном срезе коренных объектов. Но, это означает, что «золотой век» Колымы необратимо в прошлом. Так ли это рассмотрим на примере анализа размещения россыпей на Центральной Колыме и оценки коренных источников в долине р. Чай-Юрья. Характерная особенность россыпи – необычно высокая продуктивность. Не окатанных золотин – 15%, слабо окатанных – 25%. Всё указывало на близость коренных источников, однако адекватные источники так и не были обнаружены. Причина поисковых неудач, заключается в неверной оценке региональной структурной позиции золотонесущего субстрата и ориентированность на жильные тела крутого залегания. Недооценён климатический фактор в концентрировании россыпного золота. Чай-Юрьинская россыпь заполняет всю пойменную часть долины (до 1400 м). Притоки с обоих бортов долины несут промышленное и шлиховое золото. Наиболее продуктивны притоки левого борта. Максимальной концентрации россыпное золото достигает в струях, трассирующих палеостоки. Очевидно, что коренные источники имеют площадную распространённость, а концентрация золота обусловлена транспортом в продольном и вертикальном направлениях. Главный фактор накопления связан с ежегодным вертикальным транспортом золотин, а формирование россыпи и подпитка золотом происходит из источников расположенных непосредственно в эродированной части долины и в бортах. Таким образом, источник коренного золота имеет площадное распространение, что возможно только при субгоризонтальном залегании золотоносного субстрата. Такая трактовка объясняет феномен площадного распространения россыпей на Центральной Колыме, принципиально меняет поисковую парадигму и обоснование прогнозных ресурсов. Учитывая площадь «золотоносного горизонта» не затронутого эрозией нетрудно понять, что остаточный потенциал Центральной Колымы кратно превышает количество погашенных (около 2000т) запасов. Положение золотоносного субстрата, отраженного концентрически-зональной структурой регионального ГП (1) и обусловлено соответствующим положением гранитного основания РМС, где широко распространены золотоносные кварцево-серицитовые метасоматиты. Площадная золотоносность метасоматитов в левом борту р. Чай-Юрья обнаружена при геохимическом опробовании коренных пород и последующей буровой заверкой аномалий геохимического поля (ГП). ГП золота трассирует горизонт вдоль левого борта долины. Его нижняя граница указывает на то, что в днище коренные источники не сохранились. В пределах одной из аномалий выполнена буровая заверка по сети 10*10 м, глубиной 10м. Всего пробурено около 290 скважин (2). Скважинами вскрыт фрагмент пологой залежи на площади 130*200м, не оконтурированной на флангах и глубине. Залежь представляет собой штокверк с разнориентированным кварцевым прожилкованием развитыми по метасоматитам. Преобладают маломощные, часто нитевидные кварцевые просечки с убогой сульфидной минерализацией. Среднее содержание золота составило 1.44 г/т при бортовом содержании 0.6 г/т. Мощность горизонта, ориентировочно составляет 150м. Максимальное содержание в частных пробах – 11.3 г/т, не смотря на то, что размер отдельных золотин достигает 0.3*10*20мм. В то же время, на поверхности, в двух пунктирных бороздовых пробах отмечены содержания 289.2 и 9149.0 г/т, свидетельствуя о наличии «самородковой» составляющей, учёт которой требует специальной методики опробования и пробоподготовки.

Выводы: 1. Потенциал рудного золота на Центральной Колыме в состоянии обеспечить новое возрождение и вернуть титул «золотого цеха» России в ближайшем будущем. 2. Для реализации рудного потенциала россыпеобразующих источников необходимо выстроить новую поисковую парадигму, учитывающую структурную позицию золотоносного субстрата; пересмотреть методику опробования и пробоподготовки; разработать алгоритм поисков и оценки крупного и сверхкрупного золота.

Литература

Григоров С.А. Геохимическая зональность металлогенических объектов в структурах геохимических полей. М. Недропользование XXI век, 2010. №3. С.20–27.

Григоров С.А. Коренные источники коренных месторождения золота в Центральной Колыме. Руды и металлы. 2011. №3–4. С.49–50.

Минералого-геохимические особенности бериллиевых руд месторождения Снежное (Восточный Саян)

Дамдинова Л.Б.

Геологический институт СО РАН, ludamdinova@mail.ru

Месторождение Снежное расположено в юго-восточной части Восточного Саяна. В металлогеническом отношении месторождение приурочено к Алтае-Саянской бериллиеносной провинции и относится к слюдисто-флюорит-берилловой формации (Генетические типы..., 1975). По Rb-Sr-изотопным данным, возраст бериллиевого оруденения на месторождении составляет 305 млн. лет (Ярмолюк и др., 2011).

Месторождение представляет собой блок брекчированных пород ромбовидной формы размером приблизительно 550 на 220 м, ограниченный разрывными нарушениями и зонами бластомилонитов, пересекающийся немногочисленными дайками диабазов (Генетические типы, 1975; Куприянова, Шпанов, 2011). Цемент брекчий имеет преимущественно мелкозернистое сложение, однородную структуру, лейкократовый кварц-альбитовый и кварц-олигоклазовый состав с небольшим количеством биотита.

Внутреннее строение рудных зон месторождения весьма неоднородно. Максимальная концентрация бериллиевых минералов наблюдается в мелкообломочных брекчиях, примыкающих непосредственно к зонам тектонических нарушений. Распределение бериллиевой минерализации в рудных телах довольно сложное и неравномерное. Участками минералы рудной ассоциации слагают непосредственно цемент мелкообломочных брекчий, либо формируют гнездово-вкрапленное и штокверково-прожилковое оруденение как в цементе, так и в обломках. Зоны богатых бериллиевых руд чередуются с безрудными брекчированными породами.

Нами изучены несколько минеральных типов оруденения: флюорит-берилл-фенакитовые, прожилковые берилл-фенакитовые с кварцем и микроклин-берилл-фенакитовые руды. Главные минералы руд: берилл, фенакит, флюорит, микроклин, альбит, биотит, кальцит, кварц, второстепенные: берtrandит, галенит, титанит, пирит, молибденит, апатит, магнетит. На основе петрографических и минералогических наблюдений установлена последовательность минералообразования в рудах месторождения, которая наиболее четко выражается в прожилковых рудах.

Установлено, что все перечисленные типы руд характеризуются единым набором минералов рудной ассоциации, причем химические составы главных рудных минералов из разных типов руд близки. Данные по изотопному составу кислорода также показали очень близкие значения $\delta^{18}\text{O}$ в бериллах из разных типов руд – 7.2–7.3‰, идентичное значение (7.1‰) имеет фенакит. Значения $\delta^{18}\text{O}$ полученные по валовым составам гранитоидов, распространенных на площади месторождения, в большинстве случаев укладываются в интервал 8.4–8.9‰, за исключением отдельных проб со значениями 6.9‰ (близкими к составам бериллов) и 9.8‰. В этот же интервал попадают значения изотопного состава безрудного цемента брекчий (8.6‰); изотопные составы КПШ (8.5‰) и кварца (9.1‰) из руд также близки к составу гранитоидов.

Таким образом, на площади месторождения распространены, по-видимому, три разных типа гранитоидов, различных по изотопным характеристикам. Один из типов гранитоидов сформировал цемент брекчий, тогда как рудогенерирующими являются гранитоиды другого типа. Единый состав рудной ассоциации и изотопный состав бериллов в разных типах оруденения, вероятнее всего свидетельствует об одноэтапном формировании месторождения, что не противоречит наблюдаемым геологическим взаимоотношениям выделенных типов руд.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №12-05-31132 мол-а).

Литература

Генетические типы гидротермальных месторождений бериллия. М.: «Недра», 1975. 247 с.

Куприянова И.И., Шпанов Е.П. Бериллиевые месторождения России. М.: ГЕОС, 2011. 353 с.

Ярмолюк В.В., Лыхин Л.А., Шурига Т.Н., Воронцов А.А., Сугоракова А.М. Возраст, состав пород, руд и геологическое положение бериллиевого месторождения Снежное: к обоснованию позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометальной зоны (Россия) // Геология рудных месторождений. 2011. Т.53, №5. С.438–449.

Новые возрастные датировки магматитов Болотистого рудно-россыпного поля (западный Сихотэ-Алинь)

Иванов В.В., Леснов С.В., Гребенникова А.А., Зарубина Н.В.

ДВГИ ДВО РАН, d159327@yandex.ru

Болотистое рудно-россыпное поле (БРРП) принадлежит к Правосоолийскому рудному узлу Сооли-Тормасинского рудного района, приуроченного к раннемеловому Журавлевскому террейну, на дислоцированные терригенные породы которого наложены палеоген-неогеновые образования Западно-Сихотэ-Алинской вулканогенной зоны.

На площади рудного узла широко развиты эоценовые и миоценовые покровы андезитов и базальтов, под которыми в урезах речных долин закартированы раннемеловые осадочные толщи, прорванные интрузиями различного состава.

БРРП приурочено к эрозионному окну в покровных миоценовых базальтах, перекрывающих на большой площади эоценовые основные эффузивы, субвулканические и интрузивные образования (габбро-диориты, кварцевые диориты и др.), а также меловые осадочные и вулканогенно-осадочные отложения. Среди неогеновых базальтов фиксируются экструзивные постройки лерцолитсодержащих щелочных базальтов. По-видимому, это реликты магмоподводящих каналов, продуцировавшие на ранней (пароксизмальной) стадии извержений выбросы вулканической пирокластики, которые явились источником поступления в россыпь барофильных минералов (пикроильменитов, богатых пироповой компонентой гранатов, хромшпинелидов и др.), экзотичных для современной геологической ситуации площади.

Интрузивные породы, развитые в пределах БРРП, представлены преимущественно габбро, габбро-диоритами и диоритами, слагающими в центральной части вулcano-плутонической структуры сложное по строению штокоподобное тело площадью около 1.8 км². С ним сопряжены силлообразные апофизы, этажно-послойно развитые в пологозалегающих туфогенно-осадочных породах. В экзоконтакте интрузии, в осадочных породах, отмечены крутопадающие маломощные дайки различного состава.

Золото-редкометаллльные рудные тела (Fe-Cu-S, Te-Bi, Co-Ni-(Sb)-As, Pd и Os-Ir-Ru ассоциации элементов с Au), локализованные в небольшом массиве интрузивных пород (центральная часть эрозионного окна) и по его периферии, послужили источником питания прилегающих к нему богатых золотых россыпей, в которых присутствуют также магнетит, мартит-гематит, хромшпинелиды, ильменит-пикроильменит, рутил, сфен, циркон, корунд (в том числе, сапфир), гранаты, касситерит, шеелит, теллуриды, сульфиды (железа, меди, свинца, цинка, ртути, серебра и др.), самородные хром, медь, сплавы Os-Ir-(Ru), алмазы и др. Природа первичного источника экзотических для россыпи минеральных ассоциаций остаётся неоднозначной. В то же время, очевидна связь их с базальтовым вулканизмом.

Фаунистически не охарактеризованные вулканогенно-осадочные отложения при геологической съёмке территории рудного района отнесены к нижнему мелу. Часть геологов не исключают, что некоторые из подстилающих вулканические породы имеют более молодой возраст.

Данные по инструментальному датированию возраста вулканических и интрузивных образований для рудного узла немногочисленны.

K/Ar-датирование магматитов нами осуществлено в лаборатории стабильных изотопов ДВГИ ДВО РАН. Содержание радиогенного аргона в образцах измерялось по оригинальной методике CF-GC-IRMS с лазерной системой плавления в потоке гелия. Изотопный состав аргона анализировался на масс-спектрометре MAT-253 (Thermo Scientific). Установлено, что возраст становления интрузивных пород (от 63.3±2.3 до 70.1±2.4 млн. лет; по 5-ти пробам), а также покровных (7.8±0.4 млн. лет) и субвулканических щелочных лерцолитсодержащих базальтов (8.6±0.2 и 8.3±0.2 млн. лет) отвечают мел-палеогеновому рубежу и позднему миоцену, соответственно. Эти значения для интрузивных пород, с которыми связано золотое оруденение, указывают на несколько более древний их возраст, а для эффузивных и субвулканических пород – на более молодой возраст, чем указывают K/Ar датировки, полученные ранее для этих магматитов другими исследователями на менее совершенном оборудовании.

Работа поддержана проектами ОНЗ № 12-1-О-ОНЗ-ОЗ и РФФИ № 12-05-31308 мол_а.

Геологическое строение золоторудного Верхне-Хакчанского месторождения (Магаданская область).

Имамендинова М.А.

ФГУП ЦНИГРИ, *zaitseva-ma@mail.ru*

Месторождение Верхний-Хакчан является одним из наиболее крупных золоторудных объектов, открытых в последние годы на территории России. Прогнозные ресурсы золота на месторождении по сумме категорий P_1 и P_2 160 т. Промышленный потенциал месторождения определяется масштабным проявлением минерализации золото-кварцевого типа. Хакчанский рудный узел приурочен к северо-западному замыканию Аян-Юряхского антиклинория и локализован в зоне динамического влияния одной из ветвей регионального рудоконтролирующего Чай-Юрьинского разлома в антиклинальной складке первого порядка.

В пределах рудного поля развит комплекс верхнепермских терригенных пород и отложения четвертичной системы. Верхнепермские породы, согласно залегающие друг на друге, представлены (снизу вверх по разрезу) отложениями атканской, нерючинской и кулинской свит. Атканская свита сложена диамиктитами с редкими маломощными прослоями массивных алевролитов. В разрезе нерючинской свиты участвуют алевролиты, мелкозернистые песчаники с прослоями и линзами гравелитов и мелкогалечных диамиктитов. Кулинская свита представлена песчано-глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками и линзами конгломератов. Наиболее благоприятная толща для локализации рудных зон – нижняя подсвита нерючинской свиты. Характерная особенность нерючинской свиты – изменчивость литологического состава, также отмечено увеличение песчанистой и туфогенной составляющих нижней подсвиты. Интрузивные образования рудного поля представлены позднеюрскими и поздне меловыми дайками диабазовых порфиритов, диоритов, диоритовых порфиритов, спессартитов, сиенит-порфиров. Все магматические образования – дорудные.

В структурном плане месторождение приурочено к ядерной части и южному крылу асимметричной Верхне-Хакчанской антиклинальной складки второго порядка. Размах крыльев складки >1 км, углы падения южного крыла достигают $60-70^\circ$, северное крыло более пологое с углами падения до 45° . Среди разрывных нарушений развиты две системы — Верхне-Хакчанский сбросо-сдвиг северо-западного простирания и крупные субмеридиональные сбросы. Золоторудная минерализация приурочена к отдельным тектоническим нарушениям взбросо-сдвигового типа в зоне Верхне-Хакчанского сбросо-сдвига. Тектонически нарушенные породы представляют собой блоки интенсивно трещиноватых терригенных пород с многочисленными кварцевыми прожилками и их обломками. Углы падения тектонических нарушений колеблются от 33° до 75° . Крутое падение сместителя, установленное на поверхности, уменьшается вниз по падению (на поверхности $65-75^\circ$, на глубине 200 м от поверхности $35-40^\circ$). В пределах зоны дробления развиты прожилки различной ориентировки, как секущие элементы слоистости, так и согласные послойные. Послойные прожилки и маломощные жилы часто имеют полосчатую текстуру, обусловленную наличием пластинчатых реликтов вмещающих пород ориентированных вдоль контактов. Основные рудовмещающие зоны субширотного простирания сопряжены с оперяющимися зонами прожилкового окварцевания терригенных пород и участками развития маломощных (до 20 см) кварцевых жил.

В рудных зонах преобладает кварц, слагающий 90–100% жильного выполнения, также присутствуют альбит, анкерит, КПШ, серицит, реже кальцит. Рудные минералы ($<1\%$ в прожилках) – арсенопирит, пирит, галенит, халькопирит, сфалерит, буланжерит, блеклые руды и самородное золото. Преобладает мелкое и тонкое золото (0.1–0.001 мм) в ассоциации с арсенопиритом. По данным рентгеноспектрального микроанализа проба золота Верхне-Хакчанского месторождения составляет от 804 до 910‰ (среднее 854‰). Распределение золота в зоне неравномерное, среднее содержание составляет ~ 2 г/т.

В региональном плане метаморфизм пород зеленосланцевой фации. С приближением к рудным зонам развивается мусковит – конечный продукт регрессивных преобразований пород, непосредственно переходящий в околорудные метасоматические ореолы. Наиболее интенсивно породы преобразованы в центральной части рудного поля, где они образуют ореол 1.0×1.5 км. Площадные метасоматические изменения вмещающих терригенных пород представлены альбит-карбонат-кварцевыми новообразованиями, с наложенными зонами серицит-карбонат-кварцевых и мусковит-КПШ-карбонат-кварцевых метасоматитов с четко проявленной вертикальной зональностью.

Дальнегорское скарновое месторождение: эвапориты как источник бора боросиликатных руд (Сихотэ-Алинь)

Карась О.А., Раткин В.В.

ДВГИ ДВО РАН, okaras@yandex.ru, ratkin@yandex.ru

Предшествующими работами показано, что Дальнегорское месторождение было образовано в результате пространственного совмещения продуктов раннего боросиликатного этапа скарнирования известняков и поздних скарнов, связанных с этапом формирования свинцово-цинковых руд Дальнегорского района (Носенко и др., 1990).

В ходе минералого-геохимического картирования крайнего северо-восточного фланга месторождения, на левом берегу р. Рудной, были изучены скопления данбурита.

Установлено, что в нижней доступной для наблюдения части рудного тела (гор. +150 м) минеральные агрегаты данбурита брекчированы и испытали гидротермальную переработку. При исследовании на четырехканальном микроанализаторе JXA 8100 обнаружено, что данбурит локально замещен в виде ламелей датолитом и пересекается поздними прожилками гранат-датолит-кварцевого состава.

Особенности локализации данбуритовых руд, специфика состава скарнов и прямые признаки наложения позднего скарнирования на минеральные агрегаты данбурита дают основание утверждать, что на левобережье представлена реликтовая зона данбуритовых руд раннего собственно боросиликатного этапа.

Ранее выполненные исследования изотопного состава боросиликатов Дальнегорского месторождения (Раткин, Ватсон, 1993) показали, что для датолита главной рудной залежи характерны низкие значения $\delta^{11}\text{B}$ в интервале от -9.62 до -28.69‰, а данбурит с левобережья аномально изотопно утяжелен ($\delta^{11}\text{B} = +17.68\text{‰}$). Эти значения не нашли своей генетической интерпретации. В свете новых данных, есть основания утверждать, что именно изотопный состав данбурита соответствует изотопии бора раннего собственно бороносного этапа. Низкие значения $\delta^{11}\text{B}$ для датолита поздних руд являются лишь отражением процесса изотопного фракционирования бора в процессе перекристаллизации, растворения и последующего переотложения боросиликатов в ходе повторного интенсивного скарнирования. Эти определения не могут выступать изотопными метками в решении вопроса об источнике бора Дальнегорского боросиликатного месторождения.

Значения изотопного состава раннего данбурита соответствуют морским эвапоритам. В силу этого источник бора Дальнегорского месторождения связывается со специфическими бороносными толщами, которые, находясь в составе олистолитов в олистостромовом комплексе, контаминировались магматическим очагом. По своей природе указанные олистолиты могут связываться с лагунными отложениями карбонатных толщ вершин триасовых гайотов или проявляться как олистоплаки бороносных толщ морских эвапоритов протерозойского возраста, источником которых выступали древние метаморфические комплексы Сино-Корейского щита.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-9293-Инд_а, № 12-05-31041 мол_а.

Литература

Носенко Н.А., Раткин В.В., Логвенчев П.И., Полохов В. П., Пустов Ю. К. Дальнегорское боросиликатное месторождение-продукт полихронного проявления процессов скарнирования // Докл. АН СССР. 1990. Т.321. №1. С.178–182.

Раткин В.В., Ватсон Т.Н. Дальнегорское скарновое боросиликатное месторождение: геология и источник бора по данным изотопии (юг Дальнего востока России) // Тихоокеанская геология. 1993. №6. С.95–102.

Основные типы рудных формаций востока Алдано-Станового щита

Кириллов В.Е.

ХГРП («Полиметалл»), Kirillow.Vadim2013@yandex.ru

Профилирующими видами рудных полезных ископаемых востока Алдано-Станового щита являются золото, редкие элементы и металлы. Кроме того, выявлены месторождения урана, меди, никеля, железа, рудопроявления ванадия, серебра и полиметаллов. Оруденение в регионе принадлежит четырем генетическим типам: плутоногенному, вулканогенному, вулканогенно-плутоногенному и полигенному.

Установлены 3 основных металлогенических эпохи рудообразования: раннепротерозойская (специализация редкие металлы и элементы), позднепротерозойская (золото, уран, ванадий, редкие элементы), меловая (золото, серебро, уран, медь).

В таблице ниже рассмотрены основные рудные формации востока Алдано-Станового щита, данные по их принадлежности к генетическим типам оруденения и метасоматическим формациям, приведены примеры представляющих их месторождений и рудопроявлений.

| Генетический тип | Метасоматическая формация, возраст | Рудная формация | Металогеническая специализация | Пример (рудный объект) |
|---|---|---|--------------------------------|----------------------------|
| Восточно-Алданская минерагеническая область, Джугджурская зона | | | | |
| Плутоногенный | Скарны (K ₂) | Меднорудная скарновая | Cu (Pb, Zn) | Малокомуйское |
| Вулканогенный | Пропилиты (K ₂) | Меднопорфировая | Cu | Кума, Кундуми |
| Восточно-Алданская минерагеническая область, Кет-Капская зона | | | | |
| Плутоногенный | Скарны (J ₃ -K ₁) | Золото-сульфидная скарновая | Au (Cu) | Скарновое, Рябиновое, Клин |
| | Березиты (J ₃ -K ₁) | Золото-кварцевая | | Крутое |
| Восточно-Алданская минерагеническая область, Учуро-Улканская зона | | | | |
| Полигенный | Аргиллизиты (R ₃) | Уран-редкометально-редкоземельная | Nb (Ta) | Красная горка |
| | | Уран-молибденовая | U (Mo) | Элгэтэ |
| | Березитовая (R ₃) | Кварцево-золоторудная | Au (Ag) | Широтное |
| | | Уран-ванадиевая | U (V, Zn) | Конкули |
| Эйситовая (R ₃) | Уран-редкометальная | U (TR) | Тангукта, Боковое, Тавитчак | |
| Плутоногенный | Кварц-полевошпатовых метасоматитов (PR ₁) | Редкометальная альбититовая | TR, Be, Zr, Ta, Nb | Бугундинское рудное поле |
| | Карбонатитовая (R ₃) | Редкоземельно-редкометальная карбонатитовая | Zr, Ta, Nb, TR | Арбарастах, Ингили |
| Становая минерагеническая область | | | | |
| Вулканогенно-плутоногенный | Кварц-полевошпатовых метасоматитов (PR ₁) | Барит-сульфидная | Ag (Au, Pb, Zn) | Моготское |
| | Аргиллизиты (K ₂) | Уран-молибденовая | U | Сутамское |
| Полигенный | Амфиболовые метасоматиты (PR ₁) | Сульфидно-никелевая | Ni, Cu (Pt) | Кун-Манье |

Редкие земли в шеелитах как типоморфный признак генетико-формационного типа руд

Колесникова Н.Б.

ФГУП ВИМС, Москва, korund604@mail.ru

Для оценки перспективности оруденения важно установить его формационный тип. Рассматривается вопрос о возможности определения формационного типа вольфрамового оруденения по содержанию редкоземельных элементов в шеелите. В работе приведены результаты исследования шеелитов из разных по минеральному составу руд для месторождений и рудопроявлений различного генетико-формационного типа. Выявлены характерные особенности распределения содержаний элементов-примесей для каждого из типов руд.

Проанализированы пробы следующих генетических типов руд: шеелит-скарновая и шеелит-грейзеновая руды с месторождений Восток-2 и Лермонтовское, а так же шеелит-скарновая и шеелит-кварц-полевошпатовая руды с двух рудопроявлений – Рубежное (Приморье) и Гетканчикское (Амурская область).

В ходе исследований установлено следующее.

Шеелиты скарновых руд независимо от генетического типа месторождения или рудопроявления (скарново-грейзенового типа месторождений Лермонтовское и Восток-2 и скарнового типа рудопроявления Рубежного), а так же независимо от минерального состава самих скарнов отличаются ярко выраженным минимумом церия. Европиевая аномалия для шеелитов скарново-грейзенового оруденения в пироксеновых скарнах выражена отчетливым минимумом, тогда как для оруденения скарнового типа в тремолитовых породах отмечен европиевый максимум.

Шеелиты грейзеновых руд отличаются отчетливым максимумом европия и незначительной интенсивности отрицательной аномалией церия на фоне высоких по сравнению с другими элементами содержаний лантана.

Сумма редких земель и иттрия для шеелитов в кварц-полевошпатовых породах существенно превышает этот же показатель для скарновых и грейзеновых руд.

Основные выводы сводятся к следующему.

1. Соотношение содержаний редких земель в шеелите зависит от генетического типа оруденения, а также от формационного (петрографического) типа и минерального состава руды.

2. Каждый генетический и тип оруденения с определенным минеральным составом и формационным (петрографическим) типом руды характеризуется вполне определенным соотношением содержаний (распределением) редкоземельных элементов в шеелите.

3. В исследованных нами образцах шеелит кварц-полевошпатовых метасоматитов характеризуется наиболее высоким суммарным содержанием редких земель и иттрия, в 1.5–3 раза превышающим этот показатель для других типов руд. Шеелиты скарновых руд отличает цериевый минимум, при этом для шеелит-скарновых руд скарново-грейзенового генетического типа оруденения характерен еще и европиевый минимум. Шеелиты грейзеновых руд отличаются европиевым максимумом.

4. Полагая, что выявленные тенденции распределения редкоземельных элементов распространяются и на шеелиты других месторождений и рудопроявлений, полученные результаты вполне можно использовать для определения генетического типа оруденения, что в совокупности с другими геологическими признаками позволит оценить его масштабы.

Литература

Иванов Ю.Г. Геохимические и минералогические критерии поисков вольфрамового оруденения. М.: Недра, 1974.

Кудрин В.С., Кудрина А.Е., Силаев В.М., Бороданов В.М. Оценка перспектив новых скарново-грейзеновых шеелитовых рудопроявлений Приморья, примыкающим к рудным полям месторождений Восток-2 и Лермонтовское и вещественный состав руд глубоких горизонтов месторождений Восток-2, М.: 1979.

Типоморфизм минералов. Справочник. Под ред. Л.В. Чернышевой. М.: Недра, 1989.

Условия формирования медно-порфирового месторождения Лора (Магаданская область).

Колова Е.Е., Савва Н.Е., Цыганкова В.И.

СВКНИИ ДВО РАН, kolova@neisri.ru

Cu-Mo порфировое месторождение Лора расположено в 120 км на СВ от г. Магадана. Оно локализовано в Средненском интрузиве, сложенном роговообманково-биотитовыми среднезернистыми гранодиоритами (тоналитами) и кварцевыми диоритами (136–130±5 до 125±2 Ma). Оруденение пространственно и генетически связано с телами диоритовых порфиритов, гранодиорит-порфиритов и сопровождающих их экстрезивных брекчий (110–95 Ma). По соотношению SiO₂-K₂O гранитоиды принадлежат к среднекалиевой известково-щелочной магматической серии и приближаются к типичным островодужным. Основные структурные элементы – разломы СВ и СЗ направлений, причем последние являются рудо локализирующими. Гидротермальные изменения представлены кремнещелочными метасоматитами: аргилитизитами, пропилитами и мусковит-турмалин-кварцевыми грейзенами. Руды отличаются неравномерным распространением полезных компонентов с преобладанием вкрапленных и прожилково-вкрапленных текстур. В породах рамы широко развиты магнетит и пирит. Cu минерализация распространена в телах диоритовых порфиритов и представлена на 99% халькопиритом, и около 1% – борнитом, малахитом, азуритом, ковеллином; Mo – молибденитом и повеллитом; слабо проявлен галенит-сфалерит-блеклорудный парагенезис. Модель формирования Cu-Mo-порфирового месторождения Лора двухэтапная: 1 этап – магматогенно-гидротермальный (3 стадии); 2-ой – гипергенный (Савва, Колова, 2006).

Исследовано 125 флюидных включений (ФВ) в кварце из двух стадий первого этапа рудообразования. Установлено, что все ФВ по фазовому составу относятся к L-типу (водно-солевые газожидкие (F = 0.55–1). Они имеют размер 2–60 μm в диаметре, обладают преимущественно изометричными формами и распределены неравномерно. Температуры эвтектики растворов во ФВ = -36 – -21°C, что характеризует их состав как близкий к NaCl с небольшой примесью ионов Mg и Fe. Температурный диапазон гомогенизации ФВ – 405–205°C. Средние арифметические значения температур гомогенизации ФВ в кварце: мусковит-турмалин-кварцевых грейзенов – 350°C, кварц-хлоритовых прожилков – 298°C, пегматитовых жил – 201°C (2 стадия); кварцевого цемента брекчированных диоритов – 375°C; кварцевых и кварц-сульфидных прожилков – 275°C (3 стадия). Концентрации растворов в изученных ФВ охватывают интервал от 21.72 до 0.53 мас.% экв. NaCl. Наиболее концентрированные растворы во ФВ в кварце кварц-хлоритовых прожилков – 21.72–6.56 мас.% экв. NaCl. Наименее концентрированные – в кварце пегматитовых жил от 0.53 до 8.68 мас.% экв. NaCl. Значения солёности растворов во ФВ в кварце соотносимых с 3 стадией минералообразования охватывают интервал от 10.5 до 4.98 мас.% экв. NaCl. Рассчитанные показатели плотности растворов составили во 2 стадию – от 0.52 до 0.96 г/см³, в 3 стадию – от 0.61 до 0.92 г/см³. Расчет давления (программа Flincog) позволил оценить его на уровне 285–141 бар для брекчированных диоритов, 256–70 бар для турмалин-мусковит-кварцевых грейзенов, 125–14 бар для кварцевых и кварц-сульфидных прожилков и 65–6 бар для пегматитовых жил. Данная оценка является приблизительной, поскольку включения с углекислотой или перенасыщенными растворами обнаружены не были.

Таким образом, медно-порфировое оруденение месторождения Лора формировалось в условиях высоких и средних температур (405–205°C), в течение трех стадий гипогенного этапа рудообразования из среднеконцентрированных гидротерм насыщенных ионами Na, Mg, Fe и Cl на глубине не более 1 км, имело связь с палеоповоротом (по тектоническим нарушениям) и было частично преобразовано в гипергенный этап.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ проекты №12-05-00443-а, №11-05-00007-а и гранта ДВО проект №12-II-СО-08-030.

Литература

Савва Н.Е., Колова Е.Е. Рудно-магматическая модель Cu-порфирового месторождения Лора (Северное Приохотье) // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении: Тез. докл. Междунар. совещ., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. В.А. Кузнецова, 10–12 апр. 2006. Ред. М.И. Кузьмин. ИГиМ СО РАН. Новосибирск: «Гео», 2006. С.106–108.

Sn-REE грейзены Солнечного оловорудного месторождения (Комсомольский рудный район, Приамурье)

**Коростелев П.Г.¹, Гоневчук В.Г.¹, Бортников Н.С.², Гореликова Н.В.²,
Крылова Т.Л.², Андреева И.А.², Семеняк Б.И.¹, Орехов А.А.¹**

¹ДВГИ ДВО РАН, kor.pg@yandex.ru; ²ИГЕМ РАН, bns@igem.ru

Изучены состав и условия образования грейзенов, вскрытых в корневых частях касситерит-турмалинового месторождения Солнечного (Коростелев и др., 2001). Грейзены расположены в висячем боку минерализованной зоны Главной и приурочены к апикальной части интрузии монцогранитов-гранодиоритов рудоносного Силинского комплекса (К-Аг возраст 92–95 млн. лет).

Изотопный (К-Аг по мусковиту) возраст грейзенов 82 ± 2 млн. лет. В их составе наряду с кварцем преобладают хлориты (тюрингит) и карбонаты (сидерит, родохрозит и кальцит); в заметных количествах присутствуют мусковит, апатит, турмалин, топаз и флюорит, реже – биотит. Главный рудный минерал – касситерит (содержание Sn 0.2–5 масс.%), а также ассоциирующие с ним фтор-карбонаты (бастнезит, паризит), гидроксил-карбонат TR и урано-торит приурочены к участкам грейзенов, обогащенным кварцем, хлоритом и мусковитом. Редкие сульфиды – пирротин, пирит, сфалерит, станин – ассоциируют с карбонатами.

Фосфаты редких земель (монацит, ксенотим) и апланит являются аксессуарными в интрузивных породах, сумма REE в которых составляет от 100 до 205 ppm, Th до 25, а U – 6 ppm. За счет их разложения, в процессе грейзенизации, образуются фтор-карбонаты, гидроксил-карбонат TR и урано-торит. Сумма REE при этом увеличивается в 2–3 раза и достигает 667 p.p.m, содержание Th – 78, U – 18 ppm. Возрастание концентраций REE, Th и U в грейзенах по сравнению с вмещающими гранитоидами указывает на их привнос грейзенообразующими растворами.

В кварце из грейзенов обнаружены расплавные, а также разнообразные флюидные включения. Расплавные включения содержат изотропные, анизотропные фазы и газовый пузырек шарообразной формы, свидетельствующий о присутствии во включениях водного раствора. Среди дочерних минералов определены мусковит, калиевый полевой шпат, гранат. Установлена также изотропная фаза, сходная по химическому составу со стеклом.

Состав флюидных включений показывает, что в минералообразовании в разное время участвовали газовый флюид, рассолы и, в меньшей степени – гидротермальный гомогенный флюид. Температуры флюидов варьировали в интервале 480–300°C, концентрация – от 57 до 9 мас.% экв. NaCl. Максимальное давление достигало 1800 бар.

Изотопный возраст, минеральный состав, параметры образования и условия локализации грейзенов фиксируют их отличия от касситерит-турмалиновых руд продуктивного этапа (Бортников и др., 2005; Чугаев и др., 2012). Можно предположить, что формирование грейзенов не было одноактным и происходило в заключительный период становления монцогранитов и позднее – как фацция главного – оловянного – этапа рудообразования.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект № 11-05-00942 а) и президиума ДВО РАН (проект 12-III-A-08-148).

Литература

Бортников Н.С., Ханчук А.И., Крылова Т.Л., Аникина Е.Ю. и др. Геология минералообразующих флюидов некоторых оловорудных гидротермальных систем Сихотэ-Алиня (Дальний Восток, Приморье и Приамурье) // Геология рудных месторождений. 2005. Т.47. №6. С.537–570.

Коростелев П.Г., Гоневчук В.Г., Семеняк Б.И., Сучков В.И. и др. Месторождение Солнечное (Комсомольский рудный район, Хабаровский край) как типовой объект касситерит-силикатной формации // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2001. Вып.2. Ч.1. С.131–166

Чугаев А.В., Бортников Н.С., Гоневчук В.Г., Гореликова Н.В., Коростелев П.Г., Баранова А.Н. Возраст оловянных руд кварц-турмалин-касситеритового месторождения Солнечное по результатам Rb-Sr датирования кварца и адуляра (Хабаровский край, Россия) // Геология рудных месторождений. 2012. Т.54. №3. С.280–288.

Условия формирования золоторудного месторождения Кекура

Кряжев С.Г., Двуреченская С.С., Уютов В.И.

ЦНИГРИ, s34@mail.ru

Месторождение Кекура (Чукотка) располагается в пределах одноименного интрузивного массива, основной объем которого составляют меланократовые монцодиориты, кварцевые монцодиориты и монциты. Золоторудная минерализация вмещается турмалин-содержащими гранодиоритами и кварцевыми лейкомонцодиоритами, образующими крупное интрузивное тело в центральной части массива. По геологическим данным выделяются два этапа рудообразования. Оруденение раннего этапа сопряжено с внедрением даек керсантитов, маркирующих серию сближенных пологих разрывов (рудная зона Пологая). Второй этап связан с активизацией разломов северо-восточного и субмеридионального направлений и внедрением крутопадающих даек гранодиорит-порфиров (рудная зона Крутая).

По составу главных рудных и жильных минералов, а также по характеру околорудных метасоматитов золотоносные образования указанных рудных зон не различаются. Они представлены кварцевыми жилами и анкерит (d_{1014} 2.89 Å) – мусковит (d_{001} 10.00 Å) – кварцевыми метасоматитами с убогой пирит-арсенопиритовой минерализацией (березитами). Другие сульфиды (сфалерит, халькопирит, галенит, пирротин, блеклая руда, молибденит) в рудах находятся в виде редких мелких зерен, а также микровключений в арсенопирите. На флангах рудного поля в арсенопирите отмечены выделения самородного висмута и теллуридов висмута. В существенных количествах руды содержат шеелит. Высокопробное самородное золото тесно ассоциирует с арсенопиритом и пиритом, а также отлагается в интерстициях кварца. Размеры выделений варьируют от 0.01 до 1 мм.

Выявлена «скрытая» физико-химическая зональность оруденения: от нижних горизонтов к поверхности и от центра к флангам наблюдается снижение температуры рудоотложения (градиент $\sim 20^\circ\text{C}/100$ м), а также концентрации солей и газов во флюидных включениях. В этом же направлении происходит снижение $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов, что может быть связано с ростом $f\text{O}_2$ (таблица).

Физико-химические характеристики золотоносной минерализации месторождения Кекура

| Физико-химические характеристики | Рудная зона Крутая | Рудная зона Пологая | Фланг рудного поля |
|--|---------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Температура пика ЕТЛ кварца, °С (15) | 210–205 | 200–190 | 305, 225 |
| $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов, ‰ (6) | -0.6...-0.8 | -1.3...-2.4 | -3.6...-3.8 |
| Параметры флюидных включений в кварце (120) | | | |
| Температура гомогенизации, °С | 290–230 | 270–230 | 250–180 |
| Солевой состав (Т эвтектики) | KCl-NaHCO ₃ (-12.5...-7°C) | | |
| Соленость, %NaCl-экв. | 9.7...8.7 | 9.0...7.0 | 5.7...3.7 |
| Состав флюидных включений по данным валового анализа (6) | | | |
| Cl-, г/кг H ₂ O | 1.2 | 0.3 | 1.1 |
| Мольные отношения | | | |
| CO ₂ /H ₂ O | 0.015 | 0.007 | 0.002 |
| CO ₂ /CH ₄ | 58 | 56 | 4 |
| Na/K | 2 | 6 | 8 |
| K/Rb | 1700 | 870 | 380 |
| Индикаторные микроэлементы | As Sb B Li Rb Au | | |
| | W Mo Ba Sr | Pb Zn | Bi Cu Mo W |

Примечание: в скобках – число анализов.

Полученные результаты позволяют предполагать, что формирование месторождения Кекура связано с длительной эволюцией рудно-магматической системы, которая протекала на фоне тектонических подвижек при термостатирующем влиянии интрузивного массива. Магмы и флюиды поступали из глубинных очагов в зону рудообразования неоднократно. Вероятные факторы рудоотложения – охлаждение растворов и повышение фугитивности кислорода. Низкое содержание CO₂ во включениях (≤ 2 мол.%) свидетельствует об относительно низком давлении (~ 200 бар) и формировании руд на глубинах не более 1–2 км от палеоповерхности.

Петрохимическая характеристика рудовмещающих пород месторождения Дегдекан

Михалицына Т.И.

СВКНИИ ДВО РАН, Mihalitsina@neisri.ru

Пермские отложения имеют широкое распространение в пределах Яно-Колымского орогенного пояса и являются одними из наиболее интересных объектов исследований в связи с приуроченностью к ним большей части месторождений и рудопроявлений благородных металлов Северо-Востока Азии (Буряк и др., 2001). С целью изучения петрохимических параметров рудовмещающих толщ и определения степени метаморфических было проведено изучение осадочных пород ниже-среднепермского возраста пионерской свиты (P₁₋₂pn), вмещающих золоторудное месторождение Дегдекан. Опробование проводилось как на территории месторождения, так и за его пределами. Район месторождения расположен в северо-западной части Аян-Юрхского антиклинория, входящего в состав Яно-Колымского орогенного пояса и приурочен к юго-восточной части Дегдекан-Токичанского рудно-россыпного узла. Отложения пионерской свиты, подразделяющиеся на три подсвиты характеризуются монотонным, малококонтрастным строением (Бяков, Ведерников, 1990). По составу породы представлены неяснопятнистыми разностями алевритистых аргиллитов, песчанистыми и глинистыми алевролитами, отмечаются прослой известковистых песчаников и песчанистых алевролитов. Нижняя часть свиты существенно глинистая, верхние части средней и верхней подсвит песчаниково-алевролитовые. Отличительными особенностями отложений является вкрапленность кубических кристаллов пирита, развитие диагенетической сульфидизации в виде ориентированных вдоль кливажа микролинз пирита, повышенное содержание углистого вещества.

Петрохимическая характеристика. При сопоставлении абсолютных содержаний породообразующих оксидов, отражающих состав вмещающих пород, рассматривался ряд наиболее информативных петрохимических модулей. Для вычисления модулей использовались массовые содержания оксидов (%), расчеты проводились по «Стандарту ЮК» (Юдович, Кетрис, 2000). По петрохимическим параметрам отложений пионерской свиты можно выделить ряд признаков. На удалении от рудного поля породы характеризуются нормальной щелочностью (НКМ – 0.33–0.40), с натриевым типом (ЩМ – 1.77–1.03); снизу вверх по разрезу отмечается увеличение содержания калия (ЩМ – 0.73). По гидролизатному модулю породы средней и верхней подсвиты (ГМ – 0.35) соответствуют глинистым породам и грауваккам, отмечаются незначительные колебаниями фемического модуля (ФМ – 0.09–0.11); отношение FeO/Fe₂O₃ – 0.75–1.01. Контрастные значения петрохимических показателей характерны для нижней части свиты: отложения отличаются низким закисным модулем (ЗМ – 0.17); по гидролизатному модулю классифицируется как глинистые силициты (ГМ – 0.27); отмечается широкий интервал титанистого модуля (от 0.033 до 0.054). По минеральному составу в отложениях пионерской свиты большую долю кластогенных минералов составляет кварц (30–35%), в меньшем количестве присутствуют полевые шпаты (20–25%), с преобладанием альбита (15–20%), содержание карбонатных минералов увеличивается в нижней части пионерской свиты до 2%. Основной матрикс пород существенно глинистый, представляет лепидобластовый агрегат серицита и хлорита, в незначительном количестве присутствует каолинит.

В пределах месторождения малококонтрастные отложения пионерской свиты по количеству псаммитового материала подразделяются на две группы пород: первая – глинистые сланцы с примесью алевритового и песчаного материала; вторая – алевролиты с песчаной примесью и песчаники с включением глинистого материала. По вещественному составу рудовмещающие породы можно подразделить на три группы: глинистые, известково-глинистые и кремнисто-глинистые. Гидротермальные (гнезда кварц-альбитового состава, окварцевание, вкрапленность сульфидов) и метасоматические изменения (развитие железистого карбоната) более проявлены в песчаниках. Углеродистый метасоматоз характерен в большей степени для глинистых пород (Михалицына, Никитенко, 2011). Рудовмещающие породы характеризуются повышенным содержанием щелочей (Na₂O+K₂O – 6.61%), с преобладанием натрия над калием (ЩМ – 1.22); высоким закисным модулем до 16 (FeO/Fe₂O₃%); отмечаются низкие значения титанового модуля (0.040–0.042).

Исследования проведены при поддержке интеграционного проекта 12-II-0-08-021.

Геохимические особенности Наталкинского золоторудного месторождения

Михалицына Т.И.¹, Никитенко Е.М.²

¹СВКНИИ ДВО РАН, *Mihalitsina@neisri.ru*;
²ОАО «РyМ», *NikitenkoEM@polyusgold.com*

Цель настоящих исследований – выявление геохимических особенностей Наталкинского золоторудного месторождения на участках планируемой добычи открытым способом для оптимизации технологии переработки руды.

В результате проведенных работ следует отметить, что по химическому составу все проанализированные пробы рудовмещающих пород сходны между собой. Преобладающими компонентами являются кремнезем и алюминий, общее содержание которых составляет в среднем 78.02%. Максимальное количество кремнезема отмечается в пределах Центрального участка – 75.71%. Среднее содержание SiO₂ составляет по участкам: Юго-восточный – 63.66%, Центральный участок – 64.34%, Северо-западный – 64.07%. По содержанию кремнезема исходные породы соответствуют кислому составу. В подчиненном количестве находятся Fe₂O₃, FeO, Na₂O, K₂O, CaO, MgO, общее содержание, которых составляет в среднем 15.15%, из них щелочных элементов Na₂O и K₂O – 5.88% ср. (3.69% и 2.18%, соответственно).

Суммарная щелочность варьирует от 4.97 до 6.75%, что соответствует повышенно-щелочному составу пород. В большей части проб исходной руды отмечается преобладание Na₂O над K₂O, на флангах месторождения во вмещающих породах содержание K₂O незначительно превышает количество Na₂O, за счет увеличения в составе пород гидрослюдистого материала. Максимальное содержание щелочей отмечается в породах Центрального участка до 5.37%. Среднее содержание по участкам составляет: Юго-восточный – Na₂O – 3.49%, K₂O – 2.57%; Центральный участок – Na₂O – 3.73%, K₂O – 2.25%; Северо-западный – Na₂O – 3.77%, K₂O – 2.25%. По отношению содержаний FeO/Fe₂O₃ в пробах наблюдается значительный разброс от 0.17 до 4.18 масс.% (3М ср. – 1.71); большая часть проб исходной руды характеризуется преобладанием FeO ср. (2.61 масс.%) над Fe₂O₃ ср. (2.23 масс.%), что указывает на восстановительные условия формирования породы.

Использование данных кластер-анализа основных петрогенных элементов позволило выявить следующие закономерности: отчетливо обособились три группы компонентов: 1. Au- SiO₂-Na₂O, что подчеркивает кварц-полевошпатовый состав прожилков, входящих в породу, с приуроченностью к ним золота; 2. TiO₂-Al₂O₃-P₂O₅-MnO-K₂O, свидетельствует о присутствии в составе пород титанистых, фосфор-содержащих и глинистых минералов; 3. FeO-MgO-Ca, отражает железо-магниево-кальциевый состав карбонатов. Статистическая обработка результатов атомного эмиссионного спектрального анализа рудовмещающих пород позволила установить петрогенетический характер накопления Pb, Cr, As, W, Mo, Sn, Cu, Ag, Zn, Ni, Co, Au. На дендрограмме кластер-анализа R-типа обособились четыре геохимические ассоциации: 1. Cr-Mo-As; 2. Co-Zn; 3. W-Ag-Au; 4. Cu-Ni-Pb-Sn. Элементы, образующие группы, имеют смешанную петрогенетическую специализацию; 3-я группа ярко отражает золоторудную специализацию. Все геохимические ассоциации микроэлементов имеют между собой положительную связь. При анализе распределения концентраций элементов-индикаторов оруденения относительно геохимического фона Наталкинского месторождения отмечается следующее: Юго-восточный участок – As от 5 до 116 геофонов, W – 4, Ag – 2, Au – 1 геофон и ниже; Центральный участок – Au – 7–9 геофонов, As – до 128, W – 5–6, Ag – 2 геофона; Северо-западный участок – As от 11 до 68 геофонов, W – 3–5, Ag – 1–3, Au – содержание варьирует от 1 геофона до 7.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее обогащены полезными компонентами (Au, Ag) рудовмещающие породы Центрального участка, характеризующиеся максимальным содержанием Na₂O и SiO₂.

Исходя из результатов кластерного анализа, выявленная ассоциация Au-SiO₂-Na₂O и приуроченность её максимальных содержаний к Центральному участку позволяет сделать вывод о возможном эффективном использовании присутствующих в породе кварц-полевошпатовых образований в качестве признака для крупнокускового разделения методом фотометрической сепарации рудной массы Центрального участка на обогащенный золотосодержащий продукт и пустые породные куски на стадии предобогащения, что позволит на 30–35% сократить объемы переработки руды и оптимизировать технологию извлечения Au и Ag.

Особенности сурьмяной минерализации золоторудного месторождения Пионер

Моисеенко Н.В.¹, Сафронов П.П.²

¹ИГиП ДВО РАН, *kaunamka@mail.ru*; ²ДВГИ ДВО РАН, *psafronov@mail.ru*

По особенностям минерального состава руд месторождение Пионер относится к золото-полисульфидно-кварцевой формации и расположено в Северобуреинской зоне Буреинской провинции Монголо-Охотского золотоносного пояса (Моисеенко и др. 1996). Месторождение находится на границе восточного обрамления Гонжинского выступа с Ушумунским наложенным прогибом в зоне контакта раннемеловых гранитоидов с верхнеюрскими терригенными отложениями. Образование месторождения связано с системой разломов северо-восточного и северо-западного простирания, к ним приурочены и основные рудные зоны месторождения: Звездочка, Западная, Южная, Промежуточная, Бахмут, Андреевская и Николаевская.

Наиболее ранняя кварц-золото-молибденит-халькопиритовая ассоциация, тяготеющая к медно-порфировому типу оруденения, представлена пиритом, халькопиритом, молибденитом, блеклыми рудами и т.д. В этой ассоциации присутствуют как мышьяковистые разности блеклых руд (теннантит) так и сурьмянистые блеклые руды (тетраэдрит) и блеклые руды смешанного состава. Для смешанных блеклых руд характерно отсутствие серебра в отличие от сурьмянистых разностей. Совместное присутствие тетраэдрита с халькостибитом, в образцах рудной зоны Андреевской показывает растущую роль сурьмы: от наиболее ранних мышьяковистых блеклых руд (теннантита) через смешанные разности к сурьмянистым (тетраэдрит) до появления сульфоантимонитовых сульфосолей (халькостибит). В породах этой же ранней ассоциации встречаются жилы и прожилки с антимонитом. Антимонит встречается в рудных полях практически всех формаций, многие антимонит-кварцевые жилы секут золоторудные (Петровская, 1973). Образование антимонитовых жил в ранних ассоциациях, прежде всего, связано с тектонической активизацией и образованием трещин. В данном случае антимонит цементирует обломки песчано-кварцевой брекчии. Количество антимонита в жиле составляет 40%, мощность прожилков достигает 2 см. Из сульфидов в антимонитовой жиле встречается пирит (28%) и сфалерит (1%). Среднее содержание золота в монофракции антимонита (< 0.05 г/т.) ниже, чем в песчано-кварцевой брекчии – 0.93 г/т.

Средняя золото-полиметаллическая ассоциация представлена пиритом, сфалеритом, халькопиритом галенитом, блеклыми рудами, гесситом и золотом. Сульфиды и сурьмянистые блеклые руды (тетраэдрит) образуют сростки. Золото и гессит присутствуют там, где наблюдаются наиболее разнообразные минеральные фазы, как правило, с сурьмянистой блеклой рудой (тетраэдритом). Самородное золото достаточно высокопробное (79–80%), теллуриды серебра (гессит) часто содержит примесь U (до 4.73%).

Наиболее поздняя из продуктивных стадий – низкотемпературная золото-сульфосолюно-антимонитовая (рудная зона Николаевская) представлена антимонитом, сульфосолями Sb и Pb (джерсонит, буланжерит, бурнонит и т.д.), сурьмянистыми блеклыми рудами с серебром (тетраэдрит, фрейбергит), арсенопиритом, пиритом, галенитом, сфалеритом, теллуридами и сульфидами серебра (гессит, аргентит) и золотом. Самородное золото образует сложные фазовые сростания с блеклыми рудами и сульфосолями и присутствует либо в виде микро- и нано-вкрапленности и прожилков, либо в виде нанопленок. Методом аналитической растровой электронной микроскопии в ассоциации с сульфоантимонитом свинца было обнаружено самородное золото необычных форм – пластинчатое, столбчатое, клиновидное и пленочно-плоскостное. Самородное золото является высокопробным (81–93%).

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов: РФФИ №11-05-98599-р_восток_а, РФФИ № 12-05-00738-а, ДВО РАН 12-III-A-08-182.

Литература

Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.

Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 344 с.

Минералого-петрографическая характеристика рудовмещающих пород Наталкинского золоторудного месторождения

Никитенко Е.М.¹, Михалицына Т.И.², Фомина М.И.²

¹ОАО «РyМ», *NikitenkoEM@polyusgold.com*;

²СВКНИИ ДВО РАН, *Mihalitsina@neisri.ru*

Наталкинское золоторудное месторождение в настоящее время является одним из крупнейших месторождений России. Расположено в 4 км к юго-западу от р. Омчак, в пределах минерализованной полосы северо-западного направления протяженностью более 5 км. Рудовмещающими породами являются осадочные и вулканогенно-осадочные отложения пермского возраста (алевролиты, песчаники, гравелиты с включениями туфогенного материала). В структурном отношении район месторождения находится в пределах Яно-Колымского орогенного пояса и приурочен к юго-западному крылу Аян-Юрхского антиклинория. Площадь месторождения принято подразделять на 3 участка (Северо-Западный, Центральный и Юго-Восточный), отличающихся геолого-структурными особенностями и местоположением.

В связи с предполагаемой отработкой месторождения открытым способом, становится актуальным вопрос исследования вещественного состава руды на всех участках. В результате проведенных минералого-петрографических исследований установлено, что наиболее перспективной площадью для первоочередной эксплуатации является Центральный участок. Центральный участок приурочен к юго-западному крылу Наталкинской синклинали и примыкает к ее центральной, замковой части. Вмещающие породы хорошо рассланцованы, раскливажированы, с развитием прожилков кварц-полевошпатового состава мощностью от долей миллиметра до 1 см, редко более. Прожилки образуют субпараллельные пучки и разноориентированные скопления.

В кластогенной части отмечается преобладание обломков сложенных альбитом и микрозернистым агрегатом кварц-альбитового состава. Наблюдается альбитизация калиевых полевых шпатов, развитие лимонита (до 3%), уменьшение количества серицита в цементе с увеличением доли хлорита, интенсивное развитие карбоната. Рудная минерализация (0.01–1.5%) распределена неравномерно. Среди рудных минералов установлен арсенопирит, пирит, халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит, марказит и самородное золото. Выделено две генерации арсенопирита (коротко- и тонкопризматический). С короткопризматическим арсенопиритом связано отложение основной доли самородного золота. Золото находится как в свободном состоянии в кварцевых жилах, так и в виде включений и сростаний с пиритом и арсенопиритом. Размерность золотин варьирует от 0.001 до 0.2 мм.

Северо-Западный участок месторождения приурочен к северо-западному крылу Наталкинской синклинали, где породы имеют преимущественно моноклиналиное залегание с крутым (50–60°) падением на северо-восток. Вмещающие породы содержат большое количество прослоев песчаников и мелкогалечных конгломератов с развитием кварц-полевошпатовых прожилков. Юго-Восточный участок месторождения приурочен соответственно к южной части Наталкинской синклинали, здесь вмещающие породы имеют пологое, наклонное залегание. На этом участке развиты преимущественно глинистые сланцы. По минеральному составу породы отличаются снижением количества полевых шпатов, развитием лимонита (до 6%). Количество рудной минерализации на этих двух участках месторождения уменьшается до 1%, распределение которой неравномерно. Состав рудных минералов аналогичен Центральному участку. Отличительной чертой является отсутствие марказита, спорадическая встречаемость золота (Юго-Восточный участок) и развитие зоны окисления (халькозин, ковеллин и скородит). Самородное золото отлагается в интерстициях кварца и сростается с короткопризматическим арсенопиритом, размером 0.1–0.07 мм.

Выявленные особенности минералого-петрографического состава показывают, что при переработке руды Центрального участка для эффективного извлечения крупного золота следует использовать, преимущественно, гравитационное обогащение. При переработке руды Юго-Восточного участка необходимо учитывать высокое содержание лимонита и присутствие минералов зоны окисления, поэтому, для процесса извлечения золота на стадии флотационного обогащения важно правильно подбирать флотореагенты. При измельчении руды этого участка, во избежание переизмельчения мягких глинистых сланцев, следует регулировать шаровую загрузку и режим вращения мельниц.

Исследование вещества Наталкинского золоторудного месторождения на приборе QEMSCAN

Никитенко Е.М.¹, Соцкая О.Т.²

¹ОАО «РудМ», NikitenkoEM@polyusgold.com;

²СВКНИИ ДВО РАН, sotskaya@neisri.ru

Наталкинское золоторудное месторождение мирового класса находится на Северо-Востоке России в Магаданской области, локализовано в черносланцевых углеродисто-терригенных отложениях и относится к золото-сульфидному прожилково-вкрапленному типу. По итогам ГРП 2004–2006 гг. Наталкинское месторождение квалифицировано как большеобъемное и рентабельное для открытого способа отработки, начало которой планируется с 2014 г.

В связи с большим размахом оруденения (до 1000 м) и размерами рудного тела по площади (5×1 км), в объеме месторождения наблюдается заметная природная изменчивость состава рудного вещества и высокая дисперсия распределения золота. Для эффективной переработки руды с участков первой очереди отработки приповерхностных зон актуальными становятся вопросы количественной оценки вещественного состава технологических продуктов.

Цель работы – количественная оценка состава гравитационных концентратов методом анализа изображений на аппаратно-программном комплексе QEMSCAN. Концентраты получены из руды, характеризующей различные типы оруденения по участкам месторождения. Автоматизированная система QEMSCAN обеспечивает быстрое получение количественных параметров: относительное содержание минералов в пробе, минеральные ассоциации, крупность частиц и степень раскрытия зёрен минералов. Для изучения состава отдельных частиц была использована система количественного анализа QUANTAX (Bruker).

Результаты количественного минералогического анализа показали, что, гравитационные концентраты отличаются по минеральному составу, ассоциации в них Au с другими минералами, степени раскрытия золотосодержащих частиц, количеству сульфидов. Из сульфидов главным минералом является арсениопирит, пирит имеет подчиненное количество, доля остальных сульфидов не превышает 1%, в некоторых концентратах отмечено повышенное количество галенита (2.4%) и кобальтина (0.65%). Впервые в рудах Наталкинского месторождения обнаружен теллурид серебра – гессит, его состав близок к теоретическому: Ag – 62.4%; Te – 36.8%, размер зёрен варьирует от 2 до 59 мкм, форма овальная и изометричная. В некоторых концентратах присутствует кобальтин с примесью Ni (2–5%) и Fe (3–5%) в виде зёрен изометричного облика размером от 20 до 35 мкм. В кобальтине присутствуют включения галенита 0.5 до 10–15 мкм. В арсениопирите довольно часто наблюдаются микровключения сульфидов цветных металлов (Cu Pb Zn): халькопирит, галенит, сфалерит.

Главная форма нахождения Au – самородная: более крупное – свободное, рассеянное – в виде микровключений в ассоциации с сульфидами. Основными минералами, вмещающими микровключения Au, являются арсениопирит и мышьяковистый пирит. Свободное Au размером 200 мкм имеет неправильную форму. Рассеянное Au заполняет микротрещинки и дефекты сульфидов, микровключения имеют овальные, псевдоизометричные формы или наследуют формы микротрещин, размер золотин колеблется от 0.3 до 15 мкм, пробность Au варьирует от 820 до 850%. При крупности частиц 0.1 мм, до 40% Au находится в свободном (раскрытом) состоянии, остальное в виде сростков или включений ассоциирует с другими минералами (арсениопиритом, пиритом, галенитом, кварцем и породообразующими минералами (до 3.5%).

Таким образом, изучение рудного вещества методами технологической минералогии позволяет геологам получать информацию о составе и новых формах полезных компонентов, размерности и распределении Au по участкам месторождения, а технологам – оперативные данные о вещественном составе продуктов обогащения, гранулометрическом составе и степени раскрытия золотосодержащих частиц и сростков.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что, при освоении Наталкинского месторождения целесообразно применение современных методов технологической минералогии для геолого-технологического картирования, оперативного контроля и корректировки технологического процесса переработки руды, оценки извлекаемых и теряемых компонентов, прогноза балансового извлечения драгметаллов, выявления попутных полезных минеральных фаз и определения приоритетности того или иного способа обогащения рудного вещества с определённых участков и горизонтов по мере отработки месторождения.

Этапы рудообразования Верхне-Кричальского рудного узла, Западная Чукотка

Николаев Ю.Н.¹, Демин А.Д.¹, Аплеталин А.В.¹, Прокофьев В.Ю.²,
Бакшеев И.А.¹

¹МГУ, aplet@geol.msu.ru; ²ИГЕМ РАН, vpr@igem.ru

Верхне-Кричальский рудный узел, расположенный в 300 км к западу от г. Билибино, Чукотский АО, находится в Олойской металлогенической системе, Верхояно-Чукотская металлогеническая провинция. В пределах узла расположено среднее по запасам Au-Ag месторождение Клен. В геологическом строении района принимают участие образования J₃-K₁ вулканоплутонического комплекса, который подразделяется на три подкомплекса: интрузивный хетачанский габбро-диорит-гранодиоритовый; субвулканические – эльгечанский базальт-риолитовый и кричальский риолит-базальтовый. Интерпретация результатов геохимических работ, геологических наблюдений, минералогических исследований и изучения флюидных включений в кварце свидетельствует о проявленности на площади трех этапов рудообразования.

К первому этапу, связанному с формированием Верхне-Кричальской вулканической структуры, относится образование золото-сульфидно-кварцевых и золото-теллуридных жильных и жильно-прожилковых зон. Минерализация этих типов пространственно связана с субвулканическими образованиями кричальского комплекса: с более ранней фазой андезидацитов и более поздними дацитами соответственно. Зоны контролируются системами дуговых разломов, часто сопряженных с линейными разрывными нарушениями различных направлений. Проявления золото-сульфидно-кварцевой минерализации характеризуются низким содержанием Au (0.5–2 г/т) и имеют простой набор рудных минералов (пирит, арсенопирит). Золото-теллуридная минерализация пространственно приурочено к выходам субвулканических дацитов. Жильная зона контролируется СЗ системой нарушений. Жилы и прожилки сложены кварцем с примесью гидрослюд и адуляра, содержат незначительное количество пирита. Минералами продуктивной стадии являются самородное высокопробное золото (836–857), гессит, петцит и акантит. Содержание Au достигает 20–36 г/т.

Гидротермальное рудообразование II этапа, по всей видимости, протекало локально и связано с поздним этапом вулканической деятельности и внедрением субвулканических тел эльгечанского базальт-риолитового комплекса. Центр вулканической деятельности сместился в юго-западную часть узла. Здесь же внедрился наиболее крупный субвулканический массив дацитов, к экзоконтакту которого приурочено Au-Ag месторождение Клен. Жильная зона месторождения контролируется СЗ системой разрывных нарушений, вмещающих кварц-карбонатные малосульфидные жилы. Главными рудными минералами продуктивной стадии Au-Ag оруденения являются самородное золото (630–800), Hg-тетраэдрит, фрейбергит, полибазит, Se-полибазит, пираргирит, стефанит, акантит.

При выявленных различиях в составе продуктивных минеральных ассоциаций, рудообразование двух этапов протекало в одинаковых условиях: температура гомогенизации флюидных включений в кварце (210–300°C), низкая соленость растворов (0.2–0.5 масс.% NaCl экв.).

Рудообразующие флюиды, формировавшие золотую минерализацию обоих этапов очень похожи и по параметрам идентичны растворам эпитермальных месторождений, которые, скорее всего, не связаны с пофировыми системами, а относятся к классическим объектам Au-Ag LS типа.

Гидротермальное рудообразование III этапа на площади связано с внедрением порфировых интрузивов хетачанского комплекса и формированием порфирово-эпитермальных систем, где присутствуют типичные для порфировых объектов биотит-калишпат-кварцевые, кварц-серицитовые местасоматиты и пропилиты. Основные рудные минералы – это молибденит и халькопирит. Термобарогеохимическими исследованиями флюидных включений в раннем кварце, содержащем молибденит, установлено, что их полная гомогенизация, происходит при температуре 450–540°C, а соленость растворов включений варьирует от 22.9 до 37.0 масс.% NaCl экв. Обнаруженные высокотемпературные многофазовые включения высокотемпературных хлоридных рассолов, типичны для кварца месторождений порфирового типа.

Токурское рудное поле восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса: возраст золоторудной минерализации и связь с магматизмом

Остапенко Н.С.¹, Сорокин А.А.¹, Пономарчук В.А.², Травин А.В.²

¹ИГуП ДВО РАН, *ostapenko_ns@mail.ru*; ²ИГМ СО РАН, *ponomar@igm.nsc.ru*

В восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса известен ряд отработывавшихся в прошлом жильных месторождений золота. Они размещаются в метаморфизованных условно верхнепалеозойских осадочных и вулканогенно-осадочных толщах. Из них наиболее крупным считается месторождение Токур, отработывавшееся свыше 50 лет (с момента его обнаружения в 1939 году) до глубин 200–300 м. В последние годы в этом рудном районе введены в эксплуатацию рудники на месторождениях Маломир и Албын.

Вопросы генезиса указанных месторождений, возраста оруденения, источников металлов и флюидов являются предметом острых дискуссий. Существуют две взаимоисключающих концепции: метаморфогенная и магматогенная, при этом в последнем случае оруденение связывается с палеозойским или мезозойским магматизмом (см. обзор в (Остапенко, 1978)). Приводимые в литературе геохронологические данные, полученные для рудных тел месторождения Токур с помощью K-Ar и Rb-Sr методов, варьируют в очень широких пределах от 165 до 63 млн. лет, что не позволяет даже в первом приближении определить возраст оруденения и разработать непротиворечивую генетическую модель его формирования. В свою очередь отсутствие такой определенности существенным образом затрудняет оценку перспектив выявления новых рудных объектов в пределах исследуемого региона.

Предварительные геохронологические исследования ⁴⁰Ar/³⁹Ar методом выполнены для образца (обр. Т-137) из неокисленных первичных руд жилы "Голубая", являющейся апофизой лежащего блока жилы "Первая" – основного кварцево-рудного тела месторождения, на которую вместе с апофизами приходится около 1/3 добытого на месторождении золота. В результате было установлено, что возраст адуляра из продуктивного адуляр-золото-кварцевого парагенезиса составляет 122.4±2.0 млн. лет (Сорокин и др., 2011).

В рамках настоящих исследований нами были получены ⁴⁰Ar/³⁹Ar геохронологические данные для руд жилы "Октябрьская" (обр. ТО-2-1) и пострудной дайки диоритовых порфиритов (обр. ТО-12), рвушей её восточный фланг. Так, значение возраста адуляра из рудного парагенезиса жилы (обр. ТО-2-1) по плато составило 115.3±2.0 млн. лет (85% выделенного ³⁹Ar). Возраст основной массы из дайки диоритовых порфиритов (обр. ТО-12) составил 103.3±2.0 млн. лет (98% выделенного ³⁹Ar).

В целом, полученные данные фиксируют возраст рудоотложения на месторождении Токур в интервале 122–115 млн. лет (Сорокин и др., 2011). При этом возраст пострудной дайки диоритовых порфиритов 103.3±2.0 млн. лет является верхним ограничением возраста оруденения. Результаты исследований последних лет (Агафоненко, 2001; Сорокин и др., 2010) свидетельствуют о том, что на период 120–95 млн. лет приходится хорошо проявленный этап мезозойского магматизма, с которым, по мнению авторов, следует связывать формирование золоторудных месторождений восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса.

Исследования выполнены при поддержке Президиума ДВО РАН (проект 12-II-SO-08-030).

Литература

Агафоненко С.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Сер. Тугурская. Лист N-53-XXV / Под ред. Махихина А.В. СПб.: ВСЕГЕИ, 2001.

Остапенко Н.С. О глубинах формирования и послерудного эрозионного среза золоторудных месторождений Верхнее-Селемджинского района в связи с оценкой их перспектив // Новые данные о минерально-сырьевых ресурсах центральной части зоны БАМ. Благовещенск: ДВНЦ, 1978. С.69–86.

Сорокин А.А., Остапенко Н.С., Пономарчук В.А., Травин А.В. Возраст адуляра из жил золоторудного месторождения Токур (Монголо-Охотский орогенный пояс, Россия): результаты датирования ⁴⁰Ar/³⁹Ar методом // Геология рудных месторождений. 2011. Т.53. №3. С.297–304.

Сорокин А.А., Сорокин А.П., Пономарчук В.А., Травин А.В. Возраст и геохимические особенности вулканических пород восточного фланга Умлекано-Огоджинского вулканоплутонического пояса (Приамурье) // Геология и геофизика. 2010. Т.51. №4. С.473–485.

Сводная геологическая карта Магаданской области (масштаб 1:1000000)

Палымский Б.Ф., Горячев Н.А., Голубенко И.А., Лямин С.М.

ФГБУН СВКНИИ ДВО РАН, *palymsky@neisri.ru*

Геологические карты ресурсных регионов является надежным инструментом для координации разных уровней по освоению минерально-сырьевой базы. Важную роль они играют как базовая основа для построения специальных карт – тектонической, металлогенической, создание которых способствует разработке региональных программ. Большой комплекс различных геологических работ выполненных в последние годы на территории Магаданской области – геологическое картирование мелкого, среднего и крупного масштабов, поисковые, оценочные и разведочные работы в пределах рудных полей месторождений, высокоточные геофизические (аэромагнитные, радиогеофизические, сейсмопрофилирование), геохимические, специализированные и др. исследования – обобщен в процессе создания сводной мелкомасштабной Геологической карты масштаба 1:1000000, составленной в 2013 г. в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте ДВО РАН.

При построении карты использованы новые принципы геологической картографии, обоснованные в утвержденной НРС МПР РФ легенде Верхояно-Колымской серии листов Государственной геологической карты масштаба 1:1000000 (Палымский, Шпикерман, 2000; Шпикерман и др., 2001). В качестве основной картографируемой единицы использованы серии – осадочные, вулканические, плутонические, метаморфические. Официальное определение осадочной серии приведено в Стратиграфическом кодексе: «Серия ... объединяет две или более свиты, образующие крупный цикл осадконакопления...». При этом авторы принимают, что входящие в состав серии свиты образуют не только вертикальную последовательность, но и могут замещать друг друга по латерали. Под «вулканической серией» понимается конкретная вертикальная и латеральная последовательность вулканических комплексов, тесно связанных между собой сходством вещественного состава и близкой направленностью его изменения. Наибольшее значение имеют серии, входящие в состав протяженных вулканических поясов – Хакдонского рифейского, Кедонского среднепалеозойского, Уяндина-Ясачненского позднечурчского, Удско-Мургалского раннемелового и Охотско-Чукотского позднемелового. По такому же принципу выделены «плутонические серии», объединяющие близкие по составу и возрасту плутонические комплексы. Так в позднемезозойском цикле магматизма выделены колымская (поздняя юра), тенькинская (поздняя юра – ранний мел), кони-тайгоноская (ранний мел), охотская (ранний-поздний мел) и эвенская (поздний мел) плутонические серии, занимающие вполне определенное структурное положение. Что касается метаморфических серий, то из-за незначительных размеров их выходов они показаны как нерасчлененные метаморфические образования.

Сводная геологическая карта не только обобщает все геологические материалы, но и позволяет уточнить тектоническую структуру региона. Четко выделились системы глубинных нарушений, определяющих конфигурацию и внутреннее строение крупных тектонических блоков, время их заложения и кинематические особенности. В состав жестких масс (массивов или микроконтинентов – Омолонского, Охотского) включены погруженные окраинные блоки, что подтверждается материалами сейсмопрофилирования. Определены структурные элементы Яно-Колымского и Охотско-Корякского орогенных поясов, что позволяет интерпретировать характер их развития и уточнить границу между ними. Эти данные будут использованы при создании тектонической и металлогенической карт области.

Литература

Палымский Б.Ф., Шпикерман В.И. Масштабы геокартирования и размерность геологических тел // Магматизм и метаморфизм Северо-Востока Азии (материалы IV-го регионального петрографического совещания по Северо-Востоку России, Магадан, 4–6 апреля 2000 г.). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С.14–16

Шпикерман В.И., Палымский Б.Ф., Петухов В.В., Алевская Н.Л. Принципы генерализации при расчленении осадочных, магматических и метаморфических образований в легенде к южной части Верхояно-Колымской серии листов // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий: в 3 т. Т.1. Региональная геология, петрология и геофизика. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. С.104–108.

Алмазы из кимберлитовых тел Далдыно-Алакитского района

Помазанский Б.С., Богуш И.Н., Бессмертный С.Ф., Ковальчук О.Е.,
Коптиль В.И.

НИГП АК «АЛРОСА» (ОАО), pomazanskiyBS@alrosa.ru, bogushIN@alrosa.ru,
bessmertnyySF@alrosa.ru, kovalchukOE@alrosa.ru, v-koptil@mail.ru

Далдыно-Алакитский алмазоносный район, локализованный в пределах Далдыно-Оленекской кимберлитоконтролирующей зоны разломов, характеризуется интенсивным проявлением кимберлитового магматизма. В районе открыто 142 кимберлитовых тела, которые на основании геолого-геофизических, структурно-тектонических данных объединяются в Алакит-Мархинское и Далдынское кимберлитовые поля. Первое поле расположено в бассейне рр. Алакит–Моркока. тела локализованы в отложениях ордовика и нижнего силура. В большинстве тел обнаружены алмазы, но только трубки Айхал, Сытыканская, Юбилейная, Комсомольская являются промышленными месторождениями. Далдынское кимберлитовое поле расположено на северо-восток от Алакит-Мархинского поля в бассейне рр. Далдын-Марха-Сытыкан и включает в себя более 60 кимберлитовых тел. Они локализованы в отложениях нижнего ордовика и верхнего кембрия. В этом поле алмазы обнаружены в большинстве тел, но только два промышленных месторождения: трубки Удачная и Зарница. Минералогические и некоторые ИК-характеристики алмазов из промышленных месторождений в определенной степени представлены в опубликованных работах (Зинчук, Коптиль, 2003 и др.). Физические особенности кристаллов из малопродуктивных трубок района изучены слабо и лишь фрагментарно представлены в некоторых публикациях (Биленко, 1982).

Нами выполнено комплексное изучение минералогических и ИК-спектроскопических характеристик алмазов геологических коллекций 62 малопродуктивных тел Далдыно-Алакитского алмазоносного района. Отметим, что в малопродуктивных телах доминируют алмазы I разновидности по классификации Ю.Л. Орлова (не менее 90% в коллекции каждого тела), есть кристаллы II («удачнинского» типа, до 0.3%), IV (до 1%), VIII (до 9%) и IX (до 2%) разновидностей. В большинстве тел доля ламинарных кристаллов (октаэдры, ламинарные ромбододекаэдры и алмазы переходной между ними формы) больше, чем типичных додекаэдроидов. Несколько тел выделяются весьма высоким (до 70%) содержанием плоскогранных остросереберных или с незначительным закруглением ребер октаэдров в мелких (-1+0.2 мм) классах крупности. Эти октаэдры, в основном, представлены сложными двойниками по шпинелевому закону и их незакономерными сростками. В половине из изученных трубок установлено преобладание алмазов с сине-голубой фотолюминесценцией, примерно такое же количество тел с доминирующей розово-сиреневой фотолюминесценцией и лишь в 5 телах преобладают алмазы с желто-зеленым свечением (возбуждение He-Ne лазером с длиной волны 337 нм).

Алмазы изученных трубок Далдыно-Алакитского алмазоносного района демонстрируют заметные вариации минералогических свойств. ИК-спектроскопическими же исследованиями выявлено, что подавляющее большинство объектов района, вне зависимости от принадлежности к полю, характеризуются практически однотипным распределением кристаллов по суммарному содержанию примеси азота и степени её агрегации. Распределения алмазов характеризуются резким максимумом в области кристаллов с низкими концентрациями примеси азота при высокой частоте встречаемости индивидов со средней и высокой степенью её агрегации. Это позволило сделать вывод о том, что в трубках района находятся алмазы, вынесенные в земную кору в рамках единой магматической колонны из одного отдельного локального глубинного очага кимберлитовой магмы. Этот вывод полностью подтверждается результатами геофизических исследований глубинного строения района. Наблюдаемые различия трубок по минералогическим признакам являются частным следствием локальных условий в конкретных потоках кимберлитовой магмы. Выявленное единообразие генетических параметров алмазов тел одного кимберлитового района еще раз убедительно подтверждает существование явления типоморфизма алмазов из одного магматического очага, а также обоснованность его использования в прогнозно-поисковых работах на алмазы.

Литература

Биленко Ю.М. Содержание азота в алмазах коренных месторождений Якутии // Геология и геофизика. 1982. №7. С.131–133.

Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.

Платиновая минерализация на покровском золотосеребряном месторождении Верхнего Приамурья

Радомский С.М., Радомская В.И.

ИГИП ДВО РАН, *rsm@ascnet.ru, radomskaya@ascnet.ru*

Геологическое строение Покровского золоторудного месторождения определяется его приуроченностью к палеовулканической структуре, рамой для которой являются раннемеловые граниты и верхнеюрские осадочные образования. По классификации оруденение относится к убогосульфидному близповерхностному типу месторождений золота, его золотому подтипу, связанному с вулканогенными формациями (Петровская, 1973). В пределах Верхнеамурской провинции в месторождениях рудного золота и золотоносных россыпях выявлены сопутствующие минералы платиноидов класса крупности 0.001–3.0 мм в концентрациях, не имеющих промышленного значения (Моисеенко и др., 2004). На рудном поле Покровского месторождения были разведаны и разработаны следующие золотоносные рудные тела, находящиеся в радиусе нескольких километров от жерла палеовулкана: Главное, Зейское, Новое, Озёрное, Молодёжное, Восточное, Западное и Покровское россыпное месторождение, находящееся в ореоле гидрохимического рассеивания рудных тел (ключ Сергеевский). Средние концентрации в рудных телах в г/т: золото – 4.4; серебро – 8.1 (Моисеенко и др., 1996); платина – 0.6; а соответствующие доли иридия, осмия, родия, рутения и палладия расположены в порядке убывания и имеют меньшие значения на 1–2 порядка, по сравнению с платиной.

Покровское золотосеребряное месторождение образовалось в среднюю стадию киммерийского цикла в период среднеюрской складчатости из предбатолитового комплекса малых интрузий кварц-альбитового состава. Чёткая пространственная приуроченность оруденения к вулканической структуре указывает на связь минерального парагенезиса с вулканическими образованиями и приуроченность рудных тел системе сопряженных тектонических элементов этой структуры. Магматогенный источник минерализации благородных металлов (БМ), в данном случае, не вызывает никакого сомнения. Проявления минерализаций металлов группы платины и золота с серебром, обусловлены историей развития Покровского палеовулкана, разнесены во времени и не коррелируют друг с другом (Моисеенко и др., 2004). Минералы группы платины преимущественно локализованы во вмещающих гранитных породах, с температурой образования минеральной фазы платиноидов 1500–1100°C и выделялись в процессе расщепления силикатных расплавов. После раскристаллизации магматического расплава, образовавшиеся разности БМ перераспределялись и переносились во флюидах в интервале температур 900–500°C в соответствии с коэффициентами фугитивности (Радомский и др., 2011). Рудообразование происходило по гидротермальному механизму в диапазоне температур 500–100°C Золотосеребряная минерализация имеет возраст 90–120 млн. лет, преимущественно локализована в разломах и трещинах среди вмещающих гранитных пород (Моисеенко и др., 1996). Основными её компонентами являются минералы самородного золота, со значениями средней пробы 680‰. Самородное золото содержит незначительное количество металлов группы платины (до 0.005%), в качестве акцессорных примесей БМ.

Средние концентрации главных БМ в руде Покровского месторождения превышают кларки земной коры в 100, а по золоту в 2000 раз, подтверждая приоритет преимущественного золотого оруденения для территории Приамурья (Моисеенко и др., 2004). Внутри группы БМ отчетливо выражены и хорошо просматриваются качественные и количественные положительные корреляционные связи в подгруппах Ru–Os; Rh–Ir; Pd–Pt; Ag–Au (Радомский и др., 2011).

Литература

- Петровская Н.В.* Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.
Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
Моисеенко В.Г., Степанов В.А., Эйриш А.В., Мельников А.В. Платиноносность Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2004. 176 с.
Радомский С.М., Радомская В.И. Параметры процесса минералообразования золота на Покровском золоторудном месторождении Приамурья // ЕТН. 2011. №1. С.129–132.

Современное состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы вольфрама Дальневосточного региона РФ

Руднев В.В., Митрофанов Н.П.

ФГУП «ВИМС», *vims-rudnev@mail.ru*, *vims-mitrofanov@mail.ru*

Научные интересы академика Н.А. Шило, 100-летию со дня рождения которого посвящена конференция, многие годы были направлены на создание фундаментальных основ теории образования вулканогенных поясов и разработку критериев прогнозирования и поиска месторождений золота, серебра, олова, вольфрама и других полезных ископаемых в первую очередь Дальневосточного региона России.

Рассматриваемая территория является составной частью северо-западного сегмента Тихоокеанского складчатого пояса. Широкий спектр геологических образований, многостадийная история их становления привели к формированию многочисленных месторождений и рудопроявлений различной металлогенической специализации и промышленной значимости.

Основная цель данной работы заключается в анализе состояния минерально-сырьевой базы вольфрама и оценки перспектив её развития с учетом обеспечения потребностей действующих и новых горно-металлургических комплексов Дальнего Востока и торговых обязательств России.

Современным Государственным балансом запасов вольфрама на территории РФ учтены 90 месторождений, причем больше половины – 59 месторождений (30 коренных и 29 россыпных) находится на территории Дальневосточного ФО. В них сосредоточено 24.3% балансовых запасов WO_3 , но они обеспечивают около 80% годовой добычи. Оруденение представлено вольфрамитом и шеелитом. Часть месторождений – комплексные и содержат, кроме вольфрама, промышленные концентрации олова, молибдена, меди, полиметаллов, благородных и редких металлов.

Коренные месторождения вольфрама – основные разрабатываемые или подготавливаемые к освоению, представлены скарновыми, жильными и штокверковыми геолого-промышленными типами.

В месторождениях скарнового типа (Восток-2, Лермонтовское, Агылкыновское и др. с преимущественно шеелитовыми рудами) заключена большая часть разведанных запасов региона и они обеспечивают основной объем добычи. Для вольфрамовых руд характерен комплексный состав, включающий попутные компоненты: Mo, Cu, Bi, Au, Ag, Te и др.

Жильные месторождения представлены как существенно вольфрамовыми (Иультинское, Аляскитовое), так и рудами с попутным вольфрамом (Илинтас, Алыс-Хая и др.), в которых промышленное оруденение представлено оловом, молибденом, висмутом и другими полезными компонентами. Доля этих месторождений в общем балансе запасов вольфрама не велика.

Месторождения штокверкового типа известны практически во всех субъектах Дальневосточного ФО: Одинокое в Республике Саха (Я), Пыркакайский рудный узел на Чукотке, Тигриное в Приморском крае, но в настоящее время они не разрабатываются. Руды вольфрамитовые и шеелитовые; нередко вольфрам является попутным компонентом при ведущем оловянном оруденении.

Перспективы Дальневосточного региона на расширение известной минерально-сырьевой базы вольфрама и обнаружение новых объектов с промышленным оруденением достаточно высокие. Геологоразведочные работы на перспективных площадях, рудопроявлениях и месторождениях позволили поставить на учет в ФБУ «ГКЗ» запасы вольфрамовых руд месторождения Скрытого в Приморском крае, получить прирост прогнозных ресурсов категорий P_2 и P_1 на рудопроявлениях Кордонное и Рубежное в Приморье, Гетканчикское в Амурской области. В 2013 г. начаты поисковые работы с задачей локализовать вольфрамовые и молибденовые руды на рудоперспективной площади Александра в Центральном Сихотэ-Алине (Приморский край).

По результатам экспертной оценки инвестиционной привлекательности вольфрамовых и вольфрамсодержащих объектов нераспределенного фонда недр Дальневосточного ФО первоочередными для лицензирования рекомендуются следующие месторождения: Тигриное (Sn,W) в Приморском крае; Агылкыновское (W,Cu,Au,Ag и др.), Илинтас (Sn,W,Cu,Co и др.) и Одинокое (Sn,W) все в Республике Саха (Я).

Суперкальдера Карымшина (Южная Камчатка): новый взгляд на структурно-геологические позиции жил эпитермальных рудопроявлений района

Рогозин А.Н.

ИВУС ДВО РАН, AlekseiRAS@yandex.ru

Крупнейшая на Камчатке кальдера Карымшина была открыта на территории Южной Камчатки, в 2007 году (Леонов, Рогозин, 2007). В плане она имеет овальную форму – по длинной оси – 25 км, а по короткой – 15 км. Выделенная структура вытянута в северо-западном направлении. Возраст ее определен в 1.78 млн. лет (Bindeman et al, 2010). Объем изверженных продуктов, выброшенных при формировании кальдеры – составил около 825 км³ или по массе 2х10¹⁵ кг. Все эти данные позволяют рассматривать кальдеру Карымшина как крупнейшую из известных до сих пор на Камчатке и относить ее к супервулканам (суперкальдерам) по (Mason et al, 2004).

В северо-западной части кальдеры выявлен поднятый блок (резургентное поднятие), который рассматривается нами (Леонов, Рогозин, 2007), как следствие внедрения вязких кислых магм на более позднем этапе развития вулканизма в этом районе (около 0.5–0.8 млн. лет назад). Поднятый блок вытянут в северо-западном направлении и имеет размеры 4х12 км. Амплитуда поднятия – 200 м. Блок имеет четкие тектонические границы и ограничен по краям разломами северо-западного и северо-восточного направления.

Открытая суперкальдера, расположенная на территории Южно-Камчатского рудного района, содержит целую серию эпитермальных рудопроявлений золотосеребряной формации (Банний, Малыш, Верхне-Быстринский, Верхне-Карымшинский Левый, Геофизический, Верхне-Карымшинский Правый, Средне-Карымшинский и Центральный), которые вытянуты полосой северо-западного простирания. По (Петренко, 1999) данные рудопроявления (участки) локализируются в зоне крупных сбросов северо-западного простирания, пересекающих Южную Камчатку вдоль границы поперечной Начикинской складчато-глыбовой зоны.

Выделение кальдеры и блокового резургентного поднятия в ней позволяют в настоящее время пересмотреть структурные позиции золотосеребряных рудопроявлений района. В результате проведенных исследований (Рогозин, Леонов, 2011) можно предположить, что формирование рудоносных жил происходило в условиях правосдвиговых смещений по разломам северо-западного простирания ограничивающих резургентный блок в центральной части кальдеры. С одной стороны рудоносные жилы формировались в областях изогнутого сместителя, где возникали полости. Так, по-видимому, сформировались рудоносная жила Главная участка Геофизический и жилы участков Малыш и Верхне-Карымшинский Правый. Простирание этих жил – 330–3400. С другой стороны, жилы формировались вдоль оперяющих трещин (сколов Риделя) – их простирание 10–200. В такой геодинамической обстановке формировались по-видимому жилы участков Верхне-Быстринский, Верхне-Карымшинский Левый и Средне-Карымшинский. Особое простирание жил участка Центральный, выявленное в ходе полевых работ, можно объяснить связью жил с разломами северо-восточного простирания, ограничивающими борт кальдеры Карымшина в ее юго-восточной части.

Работа выполнена в рамках проектов, поддержанных Президиумом ДВО РАН: № 12-III-A-08-171 (В Л. Леонов); № 09-III-B-08-470 и №13-III-B-08-025 (А Н. Рогозин).

Литература

Леонов В.Л., Рогозин А.Н. Карымшина – гигантская кальдера – супервулкан на Камчатке: границы, строение, объем пирокластики // Вулканология и сейсмология. 2007. №5. С.14–28.

Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. ВСЕГЕИ. 1999.

Рогозин А.Н., Леонов В.Л. Геодинамические условия формирования рудоносных жил Банно-Карымшинского района (Камчатка) // Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы второй молодежной школы семинара. Москва: ИФЗ РАН, 2011. Т.1. С.265–269.

Bindeman I.N., Leonov V.L., Izbekov P.E. et al. Large volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar–Ar and U–Pb ages, isotopic, and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2010. V.189. P.57–80.

Mason B.G., Pyle D.M., Oppenheimer C. The size and frequency of the largest explosive eruptions on Earth // Bulletin of Volcanology, 2004. V.66. P.735–748.

Типоморфизм самородного золота геолого-промышленных типов золоторудных месторождений

Савва Н.Е.¹, Анисимова Г.С.², Кравцова Р.Г.³

¹СВКНИИ ДВО РАН, *savva@neisri.ru*; ²ИГАБМ СО РАН; ³ГЕОХИ СО РАН

Успешное проведение геолого-разведочных работ на золото невозможно без научно обоснованных прогнозов, достоверность которых значительно возрастает, благодаря совершенствованию методов комплексного изучения золотых руд. Промышленную группировку месторождений определяет их геологическая однородность, принадлежность к определенным золоторудным формациям – группам месторождений со сходным вещественным составом руд и генезисом (вулканогенные – золото-теллуридные, золото-адуляровые, золото-серебряные и другие месторождения; в углисто-терригенных и карбонатно-терригенных толщах – золото-сульфидные и золото-мышьяковисто-сульфидные, золото-скарновые и др.).

Изученные нами золоторудные месторождения Северо-Востока России согласно М.М.Константинову (2010) относятся к различным золоторудным формациям (субформациям): золото-мышьяковисто-сульфидной (золото-сульфидная, золото-сурьмяно-ртутная, золото-сульфидно-вкрапленная), золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой (золото-порфировая), золото-полисульфидной (золото-скарновая, золото-молибденовая, золото-висмут-теллуровая), золото-серебряной (золото-теллуридная, золото-адуляр-кварцевая, золото-серебро-адуляр-кварцевая).

С теоретических позиций золоторудные месторождения нередко относятся к сложным полигенно-полихронным образованиям, формирование которых может охватывать длительные интервалы времени – от этапов накопления вмещающих вулканогенно-осадочных комплексов, до этапов коллизий и постколлизийной тектономагматической активизации. В практическом отношении это может влиять на технологические особенности золотых руд, так как напрямую связано со сложным процессом минералообразования. Такие особенности могут быть установлены уже на ранних стадиях исследований при изучении вещественного состава минерализованных зон, при типизации объектов по рудно-формационной принадлежности и промышленной значимости.

Характеристика типоморфных особенностей самородного золота для разных формационных типов золоторудных месторождений главная задача, с которой начинается изучение руд и которая позволяет получить и физические и химические параметры полезных компонентов, а также генетическую информацию о том или ином объекте. Золото, благодаря химической устойчивости, способно на длительное хранение подобной информации. Месторождения, характеризующиеся наличием золота, выделившегося в поздние стадии рудного процесса в ассоциации с поздними генерациями кварца, сульфидами Cu, Pb, Zn, сульфосолями, просты технологически. Месторождения, где основная масса золота выделилась в дисперсном виде, особенно в ассоциации с As, или сорбировалась на углеродистом веществе вмещающих пород, требуют применения дорогостоящих технологических схем.

В докладе на примере разных формационных типов золоторудных месторождений Северо-Востока России (Наталкинское, Дегдекан Сопка, Кварцевая, Роговик Бадран, Задержнинское, Дорожное и др.) рассмотрено современное состояние изучения типоморфизма самородного золота и показано, что надежность геологической интерпретации напрямую связана с комплексным, всесторонним исследованием этого минерала. Традиционно изучается крупность, вариации пробности, спектр микропримесных элементов, входящих в золото, его внутренняя структура, минеральные ассоциации. Большое значение при этом играет также: изучение тонкого золота, входящего в сульфиды, его сорбция на поверхности сульфидов, выявление иных форм нахождения золота в рудах разных формаций (золото-серебряной, золото-полисульфидной, золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой) а также исследование генезиса Au-Hg, Au-Ag-Hg, Au-Cu, Au-Hg-Cu, Ab-Ag-S гетерогенных фаз.

Исследования выполнены при поддержке партнерского проекта СО РАН и ДВО РАН № 48 и гранта ДВО РАН проект №12-II-СО-08-028.

Отражение региональной металлогении в минералогеохимической специализации Au-Ag руд месторождения Теплое (Магаданская область)

Савва Н.Е.¹, Рожков П.Ю.², Бирюков А.А.³, Колова Е.Е.¹

¹СВКНИИ ДВО РАН, savva@neisri.ru; ²ООО «Магадангеология»;

³ООО «Дюамель»

1. Месторождение Теплое расположено на юге Омсукчанского района Магаданской области в 22 км от побережья Охотского моря и в 360 км к северо-востоку от г. Магадана. Рудное поле (по данным Ю.И. Радченко, В.А. Ярового, 1985 г.) приурочено к интрузивно-купольной постройке и локализовано в пологозалегающей толще позднемеловых игнимбритов риолитов мощностью более 700 м, которая прорвана дайками среднего и основного состава. Массив лейкократовых гранитов, по данным бурения, находится под месторождением на глубине 400–500 м. На северо-восточном фланге рудного поля он выходит на дневную поверхность. Надынтрузивное положение вмещающих оруденение пород оказывает влияние на их метасоматические преобразования (пропилиты низкотемпературной хлоритовой фации, среднетемпературные – эпидотовой и высокотемпературные – актинолитовой). Околорудные изменения представлены березитами, аргиллизитами и фельдшпатолитами. Жилы и жильные зоны, преимущественно родонит-кварцевого состава, имеют протяженность 250–600 м и мощность 0.5–5 м, с вертикальным размахом – 150 м. Текстуры руд полосчатые, колломорфные, брекчиевые, массивные. Рудные минералы: медистый акантит, Cu-Ag колчеданы, кюстелит, электрум, галенит, матильдит, халькопирит. Распределение полезных компонентов неравномерное. В рудных столбах содержания Au достигают 100 г/т, Ag – 17000 г/т.

2. Главная особенность месторождения заключается в том, что в структурном плане оно находится на сочленении двух блоков земной коры и двух металлогенических зон. Это сочленение южного обрамления Омсукчанского континентального рифта с Приохотской вулканической зоной Удско-Мургальского вулканогенного пояса. По простираению указанных геологических структур протягиваются две крупные металлогенические зоны – Дукатская субмеридиональная, специализированная на Sn, Ag, Pb Zn и Удско-Мургальская – на Cu и Mo.

3. Ранее при рассмотрении месторождения Джульетта (Савва, Фидря, 1996) было показано, что особенности строения субстрата металлогенических зон и районов влияют на геохимические и минеральные типы месторождений. В данном случае наиболее чувствительными к качеству субстрата оказались минеральные виды Ag, отлагавшиеся как поздние дифференциаты металлоносных гидротермальных растворов и их Cu специализация – наиболее широко распространенные на Теплом минералы группы Cu-Ag колчеданов, ялпаит и штроеерит, а также постоянное присутствие медистого акантита (Cu до 6 мас.%). Преобладание в рудах именно этих минералов явилось результатом влияния существенно медного Удско-Мургальского металлогенического пояса. Влияние же Омсукчанского рифтогенного прогиба выразилось в широком развитии минералов Mn (родонит, манганосидерит, родохрозит) и повышенной полисульфидной минерализации.

4. Присутствие Вi содержащего галенита и матильдита, а также наличие средне-высокотемпературных фаций метасоматитов (эпидот, актинолит) и температурные условия образования золото-серебряного месторождения являются результатом влияния на рудный процесс гранитоидов, осуществлявших привнос Вi и прогрев вмещающих оруденение пород. Температуры гомогенизации согласно С.Ф.Стружкову, М.М.Константинову (2005) дают большой разброс 434–158°C и зависят от положения по отношению к контакту с интрузивом и стадийной последовательности минералообразования.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ проект №12-05-00443-а, № 11-05-00007-а, гранта ДВО РАН проект №12-II-СО-08-028.

Золотоносность германий-угольных месторождений Дальнего Востока России и Китая

Середин В.В.¹, Shifeng Dai²

¹ИГЕМ РАН, seredin@igem.ru; ²CUMTB, daishifeng@gmail.com

Угли с содержанием Ge > 100 г/т являются самым перспективным источником этого стратегического металла и обеспечивают больше половины мирового производства германия. Сегодня в мире отрабатываются три подобных месторождения: Спецугли (Павловское) на Дальнем Востоке России, а также Линцань и Улантуга в Китае. Все они сформировались в результате поступления германиеносных термальных вод в угольные бассейны на стадиях торфонакопления и диагенеза органического вещества.

Впервые идеи о потенциальной золотоносности германий-угольных месторождений и перспективности попутного получения Au из продуктов их сжигания были сформулированы более 10 лет назад (Середин, 2002). Основанием послужили высокие концентрации в германиеносных углях As, Sb и Hg – элементов-спутников Au на традиционных эпитермальных месторождениях, а также наличие в угленосных отложениях кварц-карбонатных метасоматитов. В дальнейшем эта идея подтвердилась определениями аномальных концентраций Au ($n \cdot 0.01$ – $n \cdot 1.0$ г/т) в углях и вмещающих породах всех трех отрабатываемых сегодня германий-угольных месторождений и находками в них минеральных форм Au (Середин, 2007; Dai et al., 2012). Максимальное содержание Au (9.8 г/т) было зафиксировано на месторождении Линцань в глинах, подстилающих нижний германиеносный пласт.

Ключевым доказательством высказанных ранее идей служит недавнее обнаружение Au в летучей золе китайских германиеносных углей. Золото концентрируется на поверхности стеклянных микросфер в виде каплевидных частиц размерами 0.01–0.2 микрон (рис.1). Такая форма нахождения указывает на его конденсацию из газовой фазы и открывает путь для экстракции Au бактериальными методами перед кислотным выщелачиванием германия из летучей золы.

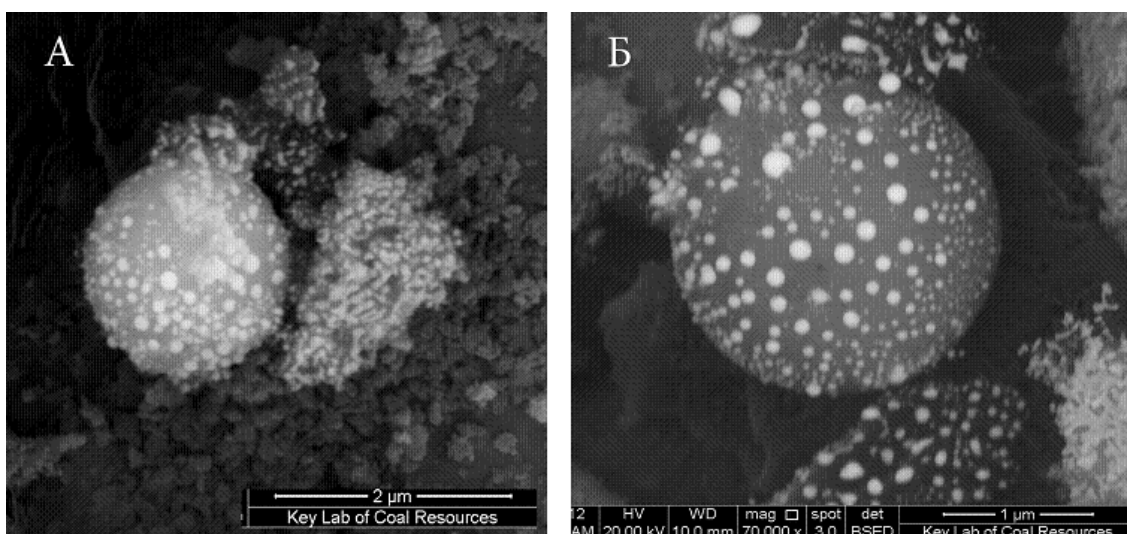


Рис.1. Золото (белое) в летучей золе германиеносных углей. А - месторождение Линцань, летучая зола рукавного фильтра; Б - месторождение Улантуга, летучая зола электрофильтра.

Литература

Середин В.В. Золото и платиноиды в германий-угольных месторождениях Приморья: формы нахождения, условия накопления, перспективы освоения // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов. Матер. Всеросс. симп. М.: СВЯЗЬ-ПРИНТ, 2002. С.374–379.

Середин В.В. Распределение и условия формирования благороднометалльного оруденения в угленосных впадинах // Геология рудных месторождений. Т.49. №1. 2007. С.3–36.

Dai S., Wang X., Seredin V.V. et al. Petrology, mineralogy, and geochemistry of the Ge-rich coal from the Wulantuga Ge ore deposit, Inner Mongolia, China: New data and genetic implications // International Journal of Coal Geology. 2012. Vol.90–91. P.72–99.

Поисковые признаки серебряно-полиметаллического месторождения Нойон-Тологой, как способ воспроизведения процесса рудообразования (Восточное Забайкалье)

Скобельцин Е.В.

ЗабГУ, geol1@mail.ru

1. Месторождение находится в пределах Кличкинского рудного поля входящего в состав Алгачинского рудного узла, приуроченного к южной части золотополиметаллического минерогенического пояса относимого к Забайкальской части Монголо-Охотского складчатого пояса. Месторождения и рудопроявления района генетически тесно связаны с глубинными гипабиссальными телами и с флюидообразующими процессами, связанными с тектономагматической активизацией (пермь, юра).

2. На месторождении оруденение проявлено в алюмосиликатных породах среднего состава и тяготеет к области межпластовых пологозалегающих нарушений меридионального и северо-восточного простирания. Мощность (размах) минерализованных зон зависит от локальных систем субпараллельной, трещиноватости, а породы здесь на 70–80% подвергались гидротермально-метасоматическими и тектоническими преобразованиям, процессам. При этом в отдельных случаях выделяются крутопадающие минерализованные зоны. Позднее измененные зоны приняли вид брекчированных, аргиллизированных, каолинизированных межпластовых срывов с насыщенной полиметаллической минерализацией.

3. По мимо пологопадающих структур, на месторождении проявлены крутопадающие нарушения северо-восточного и северо-западного простирания. Изучение и анализ СВ разломов подтвердил специфику данных образований как рудоподводящих каналов, а СЗ как рудоконтролирующих. В некотором приближении данные структуры могли играть роль плоскостей сбосо-сдвиговых подвижек или дуплексов. На чешуйчато-блоковое строение месторождения указывает пространственная ориентация минерализованных зон, проявляющаяся в невыдержанной мощности по простиранию, и широком размахе рудных образований по вертикали геологического разреза.

4. Значительная доля промышленного оруденения локализуется в области внедрения лакколита сиенит-порфиоров в толщу андезиобазальтов (Центральная часть). Вмещающие породы претерпевали различные гидротермально-метасоматические изменения. Рудная минерализация ограничена крутопадающими тектоническими нарушениями по падению и по простиранию рудных тел, а так же выделяется в рельефе местности. Предположение о метасоматическом происхождении богатых руд, тесно взаимодействует с существованием разуплотненных пород, благоприятных для рудонакопления (пересечением или сближением глубинных региональных разломов, в данной области). Руды здесь представлены прожилково-вкрапленной минерализацией локализуются в основном в эффузивных породах (под подошвой лакколита), и только к выходу на поверхность по восстанию приобретают вид тектонических швов, подвергшихся интенсивными вторичным процессам, в том числе и окислению. Вертикальный размах оруденения варьирует в пределах от 150 до 200 м.

5. По содержанию полезных компонентов руды относятся к колчеданно-полиметаллическому типу, распространенных практически повсеместно (в пределах золотополиметаллического пояса) при меняющихся их концентрациях.

6. Описанная геолого-структурная позиция позволяет выделить необходимые поисковые признаки, отражающие процесс формирования месторождения, с целью дальнейшего прогнозирования перспективных площадей и воспроизведения процесса формирования месторождения в целом. Выделенная пространственная связь между мощным промышленным оруденением и лакколитами сиенит-порфиоров может указывать на то, что в период формирования рудного вещества параллельно активизировались тектонические процессы, которые в последствии отразились на концентрации наиболее богатых минерализованных зон как по падению, так и по простиранию рудных тел. При этом перспективные полиметаллические минерализованные зоны локализуются в области пологопадающих разрывных структур и напрямую зависят от наличия крутопадающих структур СЗ и СВ простирания. Еще один важный фактор, с литолого-петрографической точки зрения, оруденение локализовано только в толще эффузивных пород.

Формирование РМС Шибановского рудного узла (Дальний Восток, Россия)

Степнова Ю.А., Пахомова В.А.

ДВГИ ДВО РАН, *stepnova@fegi.ru*

Анализ процессов образования месторождений, как правило, в основе использует системный или модельный подходы. Прежде чем приступить к построению модели рудно-магматической системы (РМС), следует уточнить, что из множества определений РМС, приведённых в работах, нами под термином «рудно-магматическая (магматогенно-рудная) система» будет подразумеваться закономерно развивающаяся в пространстве и времени геологическая система, исходной причиной развития которой является магматический процесс, а следствием – рудонакопление (Гоневчук, 1999; и др.).

Шибановского интрузивный массив, в соответствии с установленными особенностями состава, геохимических признаков и возрастом слагающих его пород сформировался в два этапа (Степнова, 2013).

На первом этапе, в интервале 62–65 млн. лет, в результате внутрикамерной дифференциации порции риолитового расплава, внедрившейся в верхние горизонты земной коры из первичного магматического очага, образовались граниты четырех фаций Шибановского массива. Пегматиты и грейзены, которые обнаруживают четкую пространственную, временную и генетическую связь с гранитоидной интрузией, развиваются в пределах массива и в зонах его экзоконтакта. Основные рудные компоненты пегматитов, кварцевых жил и грейзенов (олово и вольфрам) экстрагировались из гранитов, главным образом, второй и третьей фаций Шибановского массива.

Сохранившийся на глубине «остаточный магматический очаг», состав магмы которого, вероятнее всего, был изначально дацитовым, эволюционировал с образованием из «ощелоченного» под влиянием глубинного (сквозьмагматического) флюида расплава того же первичного очага в условиях высокой тектонической активности (режим скольжения литосферных плит) (Ханчук и др., 1997; Голозубов и др., 2011). Существенный перелом в магматической эволюции очага на заключительных этапах выражен в изменении распределения редких и редкоземельных элементов и смещении петрохимического тренда в сторону увеличения отношения Na/K, соответствующего изменению температурного минимума в системах с фтором. Привнос в систему и, соответственно, рост активности фтора обусловил сдвиг в область кристаллизации богатых альбитом щелочных сиенитов и альбититов. Наиболее значимым событием в этой эволюции является обогащение дацитового расплава щелочами с образованием расплава сиенитового, из которого кристаллизовались щелочные сиениты, содержащие минералы редких земель, преобразованные более поздними процессами в метасоматические альбититы, в которых также наблюдается редкоземельная минерализация.

Главным фактором такого преобразования предполагается флюидный поток астеносферного диапира, индикатором которого являются обнаруженные в изучаемом районе дайки субщелочных базитов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта ДВО РАН №13-III-B-08-162.

Литература

Голозубов В.В., Симаненко В.П., Малиновский А.И. О выявлении обстановок скольжения литосферных плит в структурах орогенных поясов // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Владивосток: Дальнаука, 2011. 457 с.

Гоневчук В.Г. Оловоносные системы Дальнего Востока: Магматизм и рудогенез // Дисс. на соискание уч. степ. доктора г-м. наук. Владивосток, 1999. 387 с.

Степнова Ю.А. Генезис и флюидный режим формирования рудно-магматической системы Шибановского рудного узла // Дисс. на соискание уч. степ. кандидата г-м. наук. Владивосток, 2013. 164 с.

Ханчук А.И., Голозубов В.В., Мартынов Ю.А., Симаненко В.П. Раннемеловая и палеогеновая трансформные континентальные окраины (калифорнийский тип) Дальнего Востока России // Тектоника Азии. М.: ГЕОС, 1997. С.240–243.

О реювенации рудоносности орогенных структур восточной Якутии

Суплецов В.М.

ИГАБМ СО РАН, sb49.bk@mail.ru

Охотско-Чукотский вулканогенный пояс и сопредельные с ним перивулканические зоны тектоно-магматической активизации характеризуются разнообразными близповерхностными месторождениями (Шило и др., 1978). Континентальная область орогенных структур Восточной Якутии отличается криптовулканическим стилем активизации и не менее обширным спектром телескопированного оруденения. Итогом является формирование промышленных минеральных месторождений в металлогенически различных зонах, претерпевших реювенацию рудоносности K-Pg возраста, синхронную Охотско-Чукотскому поясу. К ним принадлежат касситерит-силикатные, Sn-Ag-полиметаллические, Ag-полиметаллические, Au-редкометалльные, Mo-порфиновые, Au-Sb, Au-Ag, Au-Hg месторождения, обладающие выраженными признаками реювенированного генезиса. В металлогенических зонах выявляется сплошное и сегментированное распределение оруденения поздних этапов дейтероорогенной активизации с образованием вторичной эндогенной зональности в отдельных месторождениях.

Эпитермальное Sn оруденение представлено, по меньшей мере, двумя минеральными типами: хлорит-касситерит-сульфидным минерализованных зон и Sn-порфировым субвулканических образований. Месторождения с временным диапазоном, составляющим 60–80 млн. лет (Томсон, Кравцов, 1975), обычно расположены в поперечных секущих рядах гранитоидов. Тонкокристаллический, часто колломорфного строения касситерит, и криптозернистые Mg хлориты, как правило, занимают верхние горизонты месторождений. Регулярно фиксируются признаки регенерации ряда типоморфных минералов.

Регенерированные Au-Sb месторождения, как правило, структурно наследуют древние кварцевые жилы орогенной Au минерализации. Они характеризуются множественными признаками реювенации различных минеральных парагенезисов руд и метасоматитов. Показательна последовательная регенерация самородного Au и его соединений, отличающихся морфологией и химическим составом. Поздние смешаннослойные гидрослюда в метасоматитах (Li-парагонит, пиррофиллит, монтмориллонит) – результат трансформации ранних хлоритов и серицитов датируются в 35–40 млн. лет (Владимиров и др., 1978).

Эпитермальная Au-Ag минерализация известных месторождений совмещена или сблизена с древними жильными зонами Au. При этом полностью замещаются порошковатые катаклазиты жил кварца и образуются редуцированные пропиловитовые и аргиллизитовые метасоматиты. За контурами золоторудных зон, жильные тела эпитермальных руд сложены текстурно различным халцедоновидным кварцем, содержащим минеральные парагенезисы гессита-электрума и сульфосолей Ag. Данные реювенированные гидротермалиты Au-Ag руд формируются с отрывом от Au-кварцевых месторождений в 60–80 млн. лет. Это согласуется с хронологией эпитермальных руд Охотско-Чукотского пояса (Стружков и др., 1994).

Для всех реювенированных месторождений свойственны высокие концентрации рудных элементов и криптокристалличность полиминеральных агрегатов, определяющих промышленную ценность тех или иных руд. Типична нероссыпеобразующая роль основных минеральных компонентов в форме: колломорфного касситерита и сульфидного гидратоокисного Sn; электрума, интерметаллидов, оксидов и сульфидов Au; нанокристаллов Au с горчичной разновидностью и ультратонкой примеси Au в сульфидах (пирите и арсенопирите). Они продуцируют шлиховые ареалы трудноизвлекаемых тонкого самородного Au и пылевидного, иногда агрегатного сложения, касситерита, либо мелкие россыпи.

Литература

Владимиров В.Г. и др. Геолого-структурная позиция и особенности Au-Sb месторождений жильного типа // Рудная геохимия и геология магматоген. местор. М.: Наука, 1980. С.87–93.

Стружков Ф.С., М.М. Константинов, В.В. Аристов и др. // Колыма. №9–10, 1994. С.2–16.

Томсон И.Н., Кравцов В.С. Этапы и циклы оловянного оруденения в Тихоокеанском рудном поясе // Рудные провинции генетические типы месторождений олова и вольфрама. Новосибирск: Наука, 1975. С.63–70.

Шило Н.А., Сидоров А.А., Гончаров В.И. Название // Геология рудных месторождений. 1978. №6. С.63–70.

Особенности самородного золота рудопроявления Сургайское

Сургай Г.Д.¹, Имамендинов Б.Н.²

¹ООО НУЦ «Минеральные ресурсы», gogisurgay@yandex.ru;

²ФГУП ЦНИГРИ, boris_geo@mail.ru

Рудопроявление Сургайское является комплексным полиформационным объектом, золоторудная минерализация которого представлена двумя типами, различающимися как относительным возрастом, так и вещественно-морфологическими особенностями руд. Ранняя рудная минерализация по совокупности признаков соответствует золото-кварцевой малосульфидной формации, более поздняя – золото-сурьмяной.

Рудопроявление приурочено к осевой части региональной Адыча-Тарынской зоны разломов и расположено в 30 км на С₃ от крупнейшего в РФ золото-сурьмяного месторождения Сарылах. Вмещают золоторудную минерализацию моноклинально залегающие верхнетриасовые песчаники и алевролиты, простирающиеся параллельно Адыча-Тарынской зоне (Аз. 290–330°). Падение пород субвертикальное 80–90°. Распространение рудной минерализации контролируется разрывами, осложняющими строение вмещающей моноклинали. Основными являются СЗ разрывные нарушения (Аз. прост. 310–340°) их оперяют СВ разрывы (Аз. прост. 30–60°).

Основная рудовмещающая структура представлена С₃ зоной смятия и рассланцевания развитой в пласте алевролитов мощностью около 60 м. Золотоносность зоны смятия определяется наличием передробленного материала тонких кварцевых прожилков и рассеянной вкрапленностью пирита. В песчаниках, субпараллельно основной зоне смятия, наблюдаются зоны внутрипластового сетчатого прожилкования; отдельные линзы и прожилки субширотной ориентировки, локализованные в пологих трещинах отрыва. Оперяющие СВ разрывы представлены крутопадающими минерализованными зонами дробления мощностью до 10–12 м, вмещающими маломощные (0.2–1.5 м) жилы с брекчиевой текстурой.

Ранняя минерализация представлена прожилками белого кварца (90–95%) с анкеритом (3–4%), хлоритом (2–3%) и серицитом (1%). В количестве 0.5–1% присутствуют пирит и арсенопирит. Пирит образует кубические и пентагон-додекаэдрические кристаллы, арсенопирит – ромбовидные кристаллы без граней призмы. Аналогичные выделения пирита и арсенопирита развиты во вмещающих песчаниках. Мощность вкрапленных ореолов не превышает 0.7–1.2 м. В количестве менее 1% в прожилках установлены мелкие ксеноморфные выделения сфалерита, халькопирита, галенита, блёклой руды (тетраэдрита), игольчатые выделения буланжерита, с которыми тесно ассоциирует относительно крупное (0.5–1.5 мм, до 5 мм) золото-1 цементационного и трещинного типа. Проба золота-1 определена в диапазоне 956–988‰ (18 анализов), что вполне характерно для золото-сульфоантимонитового минерального типа руд золото-кварцевой формации. В составе цемента поздних жил брекчиевой текстуры и в прожилках наблюдается мелко- и средне-кристаллический бесцветный полупрозрачный кварц (95–96%) гребчатого или сферолитово-друзовидного строения, длиннопризматический антимонит (до 3–4%), пирит кубического и октаэдрического габитуса (0.5%), гидрослюда (0.5%) и единичные округлые выделения золота-2 (0.1–0.2 мм, до 0.7 мм). Золото-2 наблюдается в интерстициях кварца и в сростаниях с антимонитом. Проба золота-2 аномально низкая для золото-сурьмяных месторождений Адыча-Тарынской зоны и изменяется в пределах 698–782‰ (12 анализов).

Большинство исследователей, изучавших золото-сурьмяные месторождения Адыча-Тарынской зоны, единодушно отмечают в качестве типоморфного признака, весьма высокую пробу позднего золота, ассоциирующего с бертьеритом и антимонитом. Проба позднего золота-2 обычно составляет 980–999‰. Такая закономерность объясняется «рафинированием» раннего золота в результате его перекристаллизации под воздействием поздних сурьмяных или золото-сурьмяных гидротермальных растворов. Низкая проба позднего золота-2 в золото-сурьмяных рудах рудопроявления Сургайское указывает, по нашему мнению, на наличие серебра в сурьмяных (возможно с собственным золотом) растворах позднего этапа рудообразования.

Таким образом, на примере рудопроявления Сургайское мы сталкиваемся с уникальным для Адыча-Тарынской зоны случаем одновременного поступления сурьмы и серебра на позднем этапе рудогенеза в область минералообразования. Данное обстоятельство сближает позднюю золото-сурьмяную минерализацию рудопроявления Сургайское с эпитермальными рудами месторождений серебро-сурьмяной формации, тесно связанных с субвулканическим магматизмом.

О золотоносности Хор-Аньюйского водораздела

Сушкин Л.Б.

ООО «Проектинвест», sushkinl@mail.ru

За последние 15 лет получены новые важные результаты, повысившие перспективы золотоносности Хор-Аньюйского водораздела Сихотэ-Алиня.

В западной части водораздела, на юге Сооли-Тормасинского рудного района был выявлен перспективный Право-Соолийский золотоносный узел, где добыто 10 т россыпного золота, а в его центре, в Болотистом рудном поле продолжены поиски рудного золота (Государственная, 1987; Сушкин, 2007).

Выполненные там поисковые работы позволяют сделать вывод о том, что Болотистое золоторудное поле тяготеет к эродированному жерловому аппарату крупного Право-Соолийского палеоген-неогенового андезит-базальтоидного щитового палеовулкана центрального типа, связанного с глубинным (мантийным!?) очагом базитового магматизма (Сушкин, 2007).

В рудно-формационном отношении золотое оруденение Болотистого рудного поля правомерно отнести к вулканогенной кайнозойской малосульфидной золотой (золото-теллуровой, висмут-теллуровой геохимического типа) субформации золото-серебряной формации с высокопробным золотом (710–995 / ср. 950), примесью палладия, меди и ртути.

Расположенная восточнее основная часть Хор-Аньюйского водораздела, также считалась малоперспективной на благороднометалльное оруденение. Открытие на западе Хор-Аньюйского водораздела Болотистого золотоносного узла позволяет пересмотреть перспективы золотоносности всего водораздела в целом. При этом, особого внимания заслуживает бассейн рр. Поди и Междугорной с малыми средне-основными интрузиями, аналогичными интрузии Болотистого рудного поля. С ними связаны рудопроявления фольфрама (Талюке), олова (Афродита) и др. – с ореолами рудного золота.

Это представляется тем более важным ввиду того, что в конце 1990-х гг. в бассейне р. Поди (?) были отобраны штуфы с промышленными содержаниями золота (до 0.8–3.6 кг/т!). По имеющимся сведениям, это золотое оруденение было локализовано в серицит-кварцевых метасоматитах по сланцам и серпентинитам – в экзоконтакте малой интрузии гранитоидов. Поиск в данном районе такого богатого золотого оруденения является и сегодня весьма актуальной и первоочередной задачей (Sushkin, 2012)!

Литература

Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000, серия Сихотэ-Алинская, лист М-53-XXX, Объяснит. записка. Составитель В.А.Дымович, редактор В.И.Сухов, М., 1987. 111 с.

Сушкин Л.Б. Геология и золотоносность Болотистого рудного поля (Западный Сихотэ-Алинь) // Эндеогенное оруденение в подвижных поясах: Международная конференция: Тез. докл. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2007. С.176–180.

Sushkin L.B. Metallogeny of Khor-Anyuisky Watershed (Sikhote-Alin) // Geology of Mineral Deposits: Baikal International Conference, Abstracts. Ulan-Ude, GIN SB RAS, 2012. P.45.

Рудоносность гидротермально-метасоматических образований и перспективы обнаружения новых комплексных месторождений в пределах Эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия)

Терехов А.В., Молчанов А.В., Шатов В.В.

ФГУП «ВСЕГЕИ», artem_terekhov@vsegei.ru, anatoly_molchanov@vsegei.ru,
vitaly_shatov@vsegei.ru

Эльконский золото-урановорудный узел расположенный в Центрально-Алданском горно-промышленном районе Республика Саха (Якутия), является крупнейшим в России и вторым по запасам урана в мире, уступая лишь австралийскому Олимпик-Дэм (Olympic Dam), в пределах которого находится до 34% разведанных мировых запасов урана (Шаталов и др., 2006).

В период с 2008 по 2012 год авторами по договору с ГГУГПП «Якутскгеология» в пределах Эльконского рудного узла были проведены поисковые работы на золото и уран за пределами лицензированных площадей, на предмет обнаружения здесь новых месторождений. При поисках использовалась методика, широко применяемая в практике работ отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ, основанная на петрографо-геохимическом изучении и картировании гидротермально-метасоматических образований в полном объеме их проявления (Молчанов и др., 2012). Аналитические исследования проведены при участии компании КАМЕКО.

В результате проведенных работ в пределах Эльконского золото-урановорудного узла выделены два структурно-вещественных блока (северо-западный и юго-восточный), резко различающиеся геологическим строением, а также типами гидротермально-метасоматических образований и золото-уранового оруденения. Для юго-восточного блока характерно наличие высокотемпературных кварц-полевошпатовых метасоматитов, пропилитов и рудоносных гумбеитов «эльконского» типа с золотосодержащей пиритовой и браннеритовой рудной минерализацией, приуроченных к долгоживущим региональным разломам. В северо-западном блоке развиты фениты, щелочно-амфиболовые пропилиты и рудоносные гумбеиты «рябинового» типа, тяготеющие к ареалам развития щелочных мезозойских комплексов с золотой, золотосодержащей пиритовой, халькопиритовой минерализацией и блеклыми рудами.

В процессе исследований установлено, что рудоносные гумбеиты «эльконского» типа характеризуются положительными геохимическими аномалиями мультипликативного рудного параметра $Au \cdot Ag \cdot U \cdot As \cdot Sb \cdot Hg$. Гумбеиты «рябинового» типа в аномальных геохимических полях выражены контрастными положительными ореолами мультипликативного рудного параметра $Au \cdot Ag \cdot Cu \cdot Mo \cdot Bi \cdot Pb$.

Разработана геолого-генетическая модель, намечены основные прогнозно-поисковые критерии и составлена карта прогнозно-металлогенического районирования Эльконского рудного узла с выделением трех геолого-генетических типов оруденения, связанных с процессом гумбеитизации – «эльконского» (Au-U), «рябинового» (Au-Cu) и комбинированного «элькон-рябинового» (Au-Cu+Au-U) (Молчанов и др., 2012; Терехов, 2012). Локализованы площади наиболее перспективные для проведения первоочередных детальных поисковых работ для обнаружения новых комплексных золото-урановорудных месторождений.

Литература

Шаталов В.В., Тарханов А.В., Никольский А.Л. Новая концепция освоения резервных месторождений Эльконского ураново-рудного района в Республике Саха (Якутия) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. №5. С.43–49.

Молчанов А.В., Шатов В.В., Терехов А.В., Белова В.Н., Радьков А.В., Семенова В.В., Соловьев О.Л., Шатова Н.В. Эльконский золото-урановорудный узел (Южная Якутия) – основные черты геологического строения, петрографо-геохимические особенности гидротермально-метасоматических образований и рудоносность // Региональная геология и металлогения. №50, 2012. С.80–101.

Терехов А.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия). Автореферат канд. диссертации. Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. СПб, 2012 г.

Калиевые метасоматиты регионального типа – их роль и место в происхождении мезозойских рудоносных систем Алдано-Станового щита

Уютов В.И.

ЦНИГРИ, uyutov45@mail.ru

В процессе конструирования непротиворечивых моделей рудоносных систем особая роль и место принадлежит регионально проявленной в границах Алдано-Станового щита (АСЩ) щелочной флюидной гиперсистеме интрателлурического происхождения. Её вещественным выражением служат низкотемпературные существенно калишпатовые, феррокарбонат-калишпатовые и пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (гумбеиты) регионального типа.

Доказательствами интрателлурического (немагматогенного) происхождения метасоматитов служат: весьма значительные территориальные масштабы проявления метасоматитов в границах АСЩ (от Южного Верхоянья до Кадаро-Удоканской впадины); огромные объемы метасоматитов, превышающие объемы магматических масс в доступном изучению срезе; независимость состава метасоматитов от состава пространственно ассоциирующих с ними мезозойских изверженных пород, а также присутствие метасоматитов за пределами мезозойских магматических центров; стабильный возрастной диапазон формирования главных объемов калиевых метасоматитов, определяющий их положение в начале третьего (позднеюрского-раннемелового) этапа тектоно-магматической активности; специфические и легко опознаваемые структурно-вещественные особенности метасоматитов, заключающиеся в их простом и однообразном минеральном составе (низкотемпературный ортоклаз, феррокарбонат, пирит, кварц, флюорит) и афонитовом, криптозернистом облике; низкотемпературный (в среднем 130–150°) диапазон формирования метасоматитов; характерные особенности химизма метасоматитов, заключающиеся в весьма значительном привносе прежде всего калия, а также углекислоты, сульфидной серы, железа, фтора определяющие железо-углекисло-калиевый профиль метасоматитов; характерная геохимическая специфика метасоматитов, выраженная повышенными концентрациями U, Au, Ag, Mo, F, которые определяют главные черты мезозойской металлогении АСЩ.

Огромный металлогенический потенциал, заключенный в генетически самостоятельной геохимически специализированной щелочной калиевой системе подлитосферного уровня проявлен как в самостоятельной форме, в частности, в виде месторождений интрателлурического металлогенического ряда, так и через посредство дочерних рудно-магматогенных систем, возникших при участии этой системы.

Уникальные по своим масштабам месторождения золото-пирит-адуляр-кварцевой формации (куранахский тип) и золото-молибденит-браннерит-гумбеитовой формации (эльконский тип) Центрально-Алданской рудной системы (ЦАРС) являются непосредственными производными этой глубинной системы, образованными в результате ее закономерной эволюции по стандартной схеме прогрессирующей силификации.

К магматогенным (дочерним) рудным формациям и соответствующим рудным системам в пределах ЦАРС относятся мелкие и средние месторождения золото-порфировой формации (месторождения Мусковитовое, Новое), ассоциирующие с лейцитит-щелочносиенитовой формацией; месторождения золото-сульфидно-кварцевой (Лебединское, Колтыконское, Самодумовское, Радостное) и золото-порфировой (Гарбузовское, Самолазовское) формаций, связанные с магматизмом монзонит-сиенитовой формации.

Опыт изучения собственно магматического аспекта мезозойских рудно-магматогенных систем на примере ЦАРС, а в равной мере и АСЩ, в целом, приводит нас к заключению о генетическом единстве ассоциаций мезозойских изверженных пород Алданского формационного ряда, обусловленном их формированием в потоках щелочных калиевых флюидов интрателлурического типа.

Минеральные типы гидротермальных изменений Дукатского рудного поля как составные части рудообразующих систем конвергентных и дивергентных плитовых границ

Филимонова Л.Г.

ИГЕМ РАН, flg@igem.ru

Уникальное AuAg месторождение Дукат располагается в пределах внешней зоны Охотско-Чукотского краевого вулканического пояса, наложенной на область Балыгачан-Сугойского субмеридионального рифтогенного грабена северо-восточной окраины Сибирской платформы. Продолжительный, пульсационный характер магматической и гидротермальной деятельности на территории рудного поля в условиях смены геодинамических режимов, свойственным границам дивергентных и конвергентных плит, развитие рудообразующей системы на склоне купольного поднятия в мощной вулканогенно-осадочной толще из пород различной проницаемости стали причиной сложного блокового строения рудоносной территории. В гигантской рудообразующей системе периодически возникали локальные гидротермальные системы, связанные с поступлением в области минералообразования различных по составу потоков восходящих глубинных флюидов, продуктов их смешения с инфильтрационными и другими растворами. Гидротермальные изменения, маркирующие зоны рудоконтролирующих разломов и краевые зоны пальцеобразных выступов интрузий лейкогранитов, обрамляют центральный блок с компактно расположенными субмеридиональными кварц-адуляр-хлоритовыми и северо-западными кварц-родонитовыми рудными телами.

Внутреннее строение зон гидротермальных изменений, их химический состав и свойства новообразованных минералов отражают особенности фазового состава потоков восходящих флюидов и его эволюции. Поступление в сферу минералообразования опережающей волны высокотемпературных кислотных флюидов вызывало образование в открытых трещинах и полостях друзовидного кварца, последующих порций нейтральных флюидов – отложение взаимных сростаний скелетных, футлярообразных аутигенных минералов с адуляром, олигоклазом, дафнитом, пластинами кальцита. Процессы адиабатического остывания, фазовой сепарации остаточных порций растворов в замкнутых пространствах приводили к образованию растворов-рассолов и кристаллизации поздних колломорфных минеральных смесей с малоразмерными частицами рудных минералов (Коржинский, 1969; Henley et al., 1984; Жариков и др., 1998). Зоны кварц-ярозит-серицитовых, кварц-пирит-серицитовых, кварц-адуляр-хлоритовых калиевых изменений развивались в субмеридиональных зонах разломов в связи с внедрением глубинной интрузии лейкогранитов повышенной калиевой щелочности в условиях дивергентных плитовых границ, а зоны кварц-клиноцоизит-кальцитовых пропилитов – в системах диагональных разломов в связи с внедрением K-Na-лейкогранитов в условиях конвергентных плитовых границ.

Данные изотопного состава Nd, Pb, Sr и геохимические характеристики позднемагматических минералов интрузий, ассоциирующих гидротермальных изменений и продуктивных рудных тел месторождения Дукат показали, что внутриплитовые геодинамические условия способствуют отделению от областей ювенильной континентальной коры восходящих специализированных в отношении драгоценных и цветных металлов потоков флюидов, с высокими значениями Cl/CO₂, повышенными концентрациями K, Rb, радиогенных изотопов Nd, Sr, Pb, высокозарядных химических элементов (As, Sb, Bi, P, Nb, TPЗЭ и др). Восходящие металлоносные флюиды, образованные в геодинамических условиях конвергентных плитовых границ, характеризуются низкими значениями Cl/CO₂, концентрациями радиогенных изотопов Nd, Sr, Pb и повышенными концентрациями Sr, Cu, Ni, Mn, характерными для относительно истощенного источника.

Литература

Жариков В.А., Русинов В.Л., Маракушев А.А. и др. *Метасоматизм и метасоматические породы*. М.: Научный мир, 1998.

Коржинский Д.С. Режим кислотности послемагматических растворов // *Изв. АН СССР. Сер. Геол.* 1957. №12. С.3–12.

Henley R.W., Truesdell, A.H., and Barton, P. B., Jr. Fluid-mineral equilibrium in hydrothermal systems // *Rev. Econ. Geology*. 1984. V.1. 267 p.

Типоморфные особенности самородного золота на Омолонском массиве

Фомина М.И.

СВКНИИ им. Н.А.Шило ДВО РАН, fomina@neisri.ru

Наличие золота с большим разбросом пробности на Омолонском массиве отмечали многие исследователи, занимавшиеся этим вопросом (Р.З.Пчелинцева, Л.А.Лушников, Г.Х.Буляков, В.К.Прейс и др.). Они предпринимали попытки разбраковки золота с разными значениями пробности по типам коренных источников, по субстрату плотика и т. д., но в большинстве случаев оперировали средними значениями пробности и ее дисперсией, что практически сглаживало все особенности разноэтапного характера формирования коренных источников, не позволяя получить полную генетическую картину.

К настоящему времени для указанной площади автором накоплен большой фактический материал по результатам дискретного исследования россыпного золота, разделенного на группы, обладающие теми или иными признаками. Изученное золото из россыпей в бассейнах руч. Калужский, Кровный, Былинка и др., а также данные по рудному золоту рудопроявлений Джугаджак и Нодди позволили установить четыре его разновидности, образование которых связано с различными эпохами золотого оруденения на Омолонском массиве:

связанное с выходами древнего кристаллического фундамента архей-протерозойского возраста. Пробность этого золота 800–980‰. Это золото с исключительно высокой степенью грануляции и интенсивным раздвижением межзерновых границ. Для данного типа характерны минеральные включения актинолита и графита, а в составе – существенные концентрации меди (5–15 мас.%). В рудах такое золото встречается в виде субмикроскопической вкрапленности в метабазах. Оно характеризуется размерностью не более 10 мкм и красноватым оттенком, свидетельствующим о микропримесях меди. В шлихах оно ассоциирует с самородной медью, молочно-белым кварцем, гранатом, пиритом, галенитом, сфалеритом;

связанное с внедрением гранитоидов PZ₁. Оно характеризуется пробностью – 750–950‰. Отмечается его неяснозональная структура с хорошей степенью грануляции и раздвижением межзерновых границ. Это золото с включениями гессита, тетрадимита, на отдельных площадях обнаружены хорошо сохранившиеся сростания с теллуридами Bi и Ag. В рудах это золото сростается с тетрадимитом и теллуровисмутитом. В шлиховой ассоциации встречается с пиритом, халькопиритом, теллуридами Bi, цирконом, гематитом, магнетитом;

связанное с вулканитами кедонской серии. Золото этого типа характеризуется средней пробностью 700–900‰. Отмечается его неяснозональная структура со слабой степенью грануляции и слабым раздвижением межзерновых границ. Золото данного типа образует сростания с полисульфидами (галенит, сфалерит и халькопирит) и с теллуридами Au и Ag (гессит, петцит, сильванит и алтаит). В гессите оно образует тонкие (до 0.05 мм) прожилки и небольшие включения, а при сростании с полисульфидами – идиоморфные кристаллы размером не более 0.1 мм. Для данного типа характерны минеральные включения галенита. Самостоятельные выделения самородного золота этого типа редко встречаются в россыпях, так как гессит обладающий хрупкостью разрушаясь, разрушает и тонкую сеть самородного золота, и оно не задерживается в донных отложениях. Для его осаждения в россыпях необходимы близость с коренным источником и крупные обособления гессита;

связанное с мезозойским этапом тектоно-магматической активизации. Для этого золота характерна пробность 550–300‰ (кюстелит и электрум). Оно обладает яснозональной структурой и не затронуто процессами метаморфизма. Содержит включения галенита и кварца. Размер частиц золота не превышает 1 мм. Генетически формирование этого золота связано со становлением пород, синхронных ОЧВП. В шлиховой ассоциации с ним встречаются самородное серебро, хлорит, кварц.

В россыпях выделены четыре разновидности самородного золота, для которого установлено различие не только по пробности, но и по времени образования (различная степень метаморфизма), а также по минеральным ассоциациям. Это золото в ряде случаев совмещено в пространстве единого рудного поля, что дает возможность предполагать полиэтапность и полигенность формирования месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 11-05-00007-а, 12-05-00443-а) и ДВО РАН (грант № 12-II-0-08-028).

Рудообразующие процессы в обстановке скольжения литосферных плит

Ханчук А.И.

ДВГИ ДВО РАН, khanchuk@fegi.ru

В геологических реконструкциях геодинамической (тектонической) обстановке скольжения литосферных плит уделялось недостаточно внимания, хотя современные примеры таких обстановок на западе Северной Америки, в Новой Зеландии и т.д., хорошо изучены. Вероятно это связано с тем, что первоначальной модели плитовой тектоники границы скольжения плит рассматривались как трансформные (переходные) (transform plate boundary). Наши исследования показывают, что обстановка скольжения литосферных плит была широко распространена в мезозойско-кайнозойской геологической истории восточной окраины Евразии. Она характеризуется определенной тектоникой, магматизмом и металлогенией, и должна рассматриваться как самостоятельная геодинамическая (тектоническая) обстановка, равноправная с обстановками спрединга, субдукции и внедрения нижнемантийных плюмов. В целом, границы скольжения возникали в результате глобальных перестроек движения плит. Внутри континентов на син- и постколлизийных этапах после столкновения континентов, в зоне перехода континент-океан после погружении зон спрединга под континентальную окраину и (или) коллизии островных дуг с окраиной континента или друг с другом. В результате прекращения субдукции и скольжения плит, на континентальной окраине в переходной зоне формировалась широкая (до тысячи километров) зона сдвиговых дислокаций. Из-под погруженного слэба астеносфера в виде диапиров начинала двигаться в верх через разрыв в слэбе. Поэтому магматические комплексы над погруженным слэбом распространены на обширной площади в виде отдельных ареалов, что отличает их от линейных надсубдукционных магматических поясов. Характер магматизма определяется вкладом следующих источников: астеносферного диапира, слэба, надсубдукционного клина и нависающей литосферы. Разное сочетание указанных источников определяет пестрый характер магматизма в обстановке скольжения плит: ультраосновного, основного и кислого. В зоне перехода континент-океан можно выделить два варианта тектонической эволюции обстановки скольжения литосферных плит. В первом: в результате сдвиговых перемещений происходило сжатие переходной зоны и формирование на ее месте новой континентальной литосферы. Таким образом, орогенные пояса на границе континент-океан образуются только в периоды существования обстановки скольжения литосферных плит. Во втором варианте – наоборот, происходила деструкция континентальной литосферы и образование окраинных морей типа Японского и Охотского.

Типовыми для обстановок скольжения литосферных плит являются медно-парфировые месторождения, платино-металльные в зональных интрузиях урало-аляскинского типа, серебряные (с золотом) и оловянные в бимодальных магматических сериях. Характерны различные скарновые месторождения в связи с гранитами, которые имеют изотопные мантийные метки, месторождения золота в черных сланцах, а также многие другие месторождения, принадлежность которых в обстановках скольжения литосферных плит еще предстоит установить.

Литература

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.1. 572 с.; Кн.2. 981 с.

Ханчук А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 5–34. http://elibrary.fegi.ru/elibrary/doc_details/310-----

Ханчук А.И., Иванов В.В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России // Геология и геофизика. 1999. Т.40. №11. С.1635–1645. http://elibrary.fegi.ru/elibrary/doc_details/223-----

Мартынов Ю. А., Ханчук А. И. Кайнозойский вулканизм Восточного Сихоте-Алиня: результаты и перспективы петрологических исследований // Петрология. 2013. Т.21. №1. С.94–108. http://elibrary.fegi.ru/elibrary/doc_details/370-----

Петрография и геохимия щелочных интрузивных пород и метасоматитов Рябинового рудного поля (Южная Якутия)

Шатова Н.В.

ВСЕГЕИ, shatova_nadejda88@list.ru

В результате проведенных исследований осуществлена вещественная (классификационная) идентификация магматических пород и метасоматитов Рябинового рудного поля на основе современных петрографических, минералогических, геохимических и изотопно-геохронологических методов исследований.

Выделяемые в строении Рябинового массива породы алданского плутонического щелочно-сиенитового комплекса и тобукского гипабиссального комплекса лампрофиров чрезвычайно близки друг к другу по типу геохимической специализации, выраженный в сверхкларковых накоплениях в породах одного и того же спектра элементов – Au, Ag, Cu, Pb, W, Mo, Ba и Sr, а также по характеру распределения редких земель. Для большинства разновидностей пород, участвующих в строении массива, характерен в целом пониженный (в лучшем случае близкларковый) уровень концентраций элементов редкометальной и редкоземельной (REE, Ta, Nb, Hf, Sn, U, Th, Be, Li) групп, что хорошо согласуется с ультракалиевым профилем щелочности пород массива. Тогда как накопление редкоземельно-редкометальной группы элементов является, как известно, наиболее характерным для щелочных нефелиновых сиенитов.

Проведено описание основных типов гидротермальных изменений и околорудных метасоматитов – фенитов, скарнов, пропилитов и гумбеитов, связанных с процессом внедрения и длительного становления Рябинового массива, и дана их развернутая петрогеохимическая характеристика.

Впервые на основе использования методов U-Pb, Rb-Sr и Re-Os изотопного датирования пород и метасоматитов по акцессорным цирконам и апатитам, а также породообразующим минералам магматических пород и метасоматитов – калишпатам, эгиринам, биотитам, оливинам, серицитам и сульфидам (пиритам и халькопиритам) осуществлено геохронологическое датирование пород алданского и тобукского комплексов, а также околорудных гумбеитов Рябинового месторождения.

Показано, что основная масса пород Рябинового массива и связанных с ними метасоматитов была сформирована в интервале 133–143 млн. лет назад, а рудной минерализации – в интервале 129–130 млн. лет.

Все вышеприведенные петрографические, петрохимические, геохимические и геохронологические данные свидетельствуют о единстве и глубокой взаимообусловленности процессов магматизма и гидротермальной деятельности, проявившихся в пределах щелочно-сиенитового Рябинового массива и связанного с ним одноименного месторождения. Выделяемые в строении массива комплексы интрузивных пород, включая эруптивные брекчии, принадлежат единой антидромно развивавшейся во времени бимодальной магматической серии ультракалиевых пород сиенитового и лампрофир-габбро-монцонитового состава. Формирование массива носило антидромный характер и, видимо, было обусловлено процессом взаимодействия мантийного расплава базальтового состава с докембрийскими породами верхней части земной коры Алданского щита с возникновением промежуточного внутрикорового магматического очага высококалиевого расплава на мезозойской стадии тектоно-магматической активизации.

Имидж рудоносных площадей Дальнего Востока России по материалам дистанционного зондирования

Шевырев С.Л.¹, Хомич В.Г.¹, Борискина Н.Г.¹, Шевырева М.Ж.²

¹ДВГИ ДВО РАН, shevyrev@fegi.ru; ²ДВФУ, xmxmj@mail.ru

Юго-Восток России (ЮВР) – часть территории Российской Федерации, расположенная к югу от Сибирской платформы и к востоку от оз. Байкал до побережий Охотского и Японского морей. Одной из основных особенностей ЮВР является обилие россыпных и коренных проявлений золота и элементов платиновой группы (ЭПГ). В соответствии с геодинамическими условиями их формирования, на востоке континентальной части ЮВР выделено более 15 поздне-мезозойских поясов или их фрагментов (Геодинамика..., 2002). Основами для проведения районирования являются их металлогеническая специализация и время формирования. Для выделяемых Кондер-Феклистовского и Ариадненского поясов характерна широкая распространенность базит-гипербазитовых магматических ассоциаций. По петрохимическим признакам и минеральному составу массивы пироксенитов и габбро сходны с теми, что детально изучены на месторождении Кондёр (Геодинамика..., 2002), (Гурович и др., 1994), (Некрасов и др., 1994), (Симонов и др., 2011). Существование неявных признаков зонального размещения поздне-мезозойских внутриплитных магматитов позволяет предположить, что возникновение поднятий и размещение на их площади платинометалльных и золотоносных массивов обусловлено влиянием однотипных процессов и возможной их принадлежностью единой структуре сохранившего связь с зоной субдукции стагнированного на глубине 410–670 км мантийного слэба (Хомич и др., 2012). В современных моделях «горячего поля мантии» и крупного мантийного клина (КМК) (Жао Дапенг, 2010), (Зоненшайн, 1993) предполагается, что глубинная дегидратация океанского слэба в переходной зоне мантии могла приводить к апвеллингу горячего астеносферного материала. Апвеллинг вызывал деформации литосферы (по ранее заложенным тектоническим зонам), реактивацию краевых частей континента (в т.ч. кратонов), формирование осадочных бассейнов (типа Сунляо, Санцзян-Среднеамурского и др.), развитие магматизма, рудообразующих процессов и формирование месторождений полезных ископаемых. В соответствии с представлением о тектономагматических зонах и поясах, как о диссипативных структурах, к ним могут применяться исследовательские методики, применимые для последних (Шевырев, 2012). Такой подход открывает возможности интегрирования результатов дистанционных космических, геофизических и геохимических наблюдений на единой теоретической основе с возможностью формализованной проверки гипотез закономерного размещения месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН и ДВО РАН (проекты № 12-И-П27-02, № 12-3-А08-159, 13-III-В-08-166), целевой комплексной программы ДВО РАН «Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных исследований ДВО РАН».

Литература

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 981 с.

Гурович В.Г., Землянухин В.Н., Емельяненко Е.П. и др. Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива. М.: Наука, 1994. 176 с.

Некрасов И.Я., Ленников А.М., Октябрьский Р.А. и др. Петрология и платиносность кольцевых щелочно-ультраосновных комплексов. М.: Наука, 1994. 381 с.

Симонов В.А., Приходько В.С., Ковязин С.В. Условия формирования платиносных ультраосновных массивов Юго-Востока Сибирской платформы // Петрология. 2011. Т.19. №6. С.579–598.

Хомич В.Г., Борискина Н.Г., Шевырев С.Л. Глубинная геодинамика и особенности размещения поздне-мезозойских металлогенических поясов юго-востока России // Вторая Всерос. науч. конф.: сб. докладов. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2012. С.39–42.

Шевырев С.Л. Прогнозное исследование рудных полей анализом данных радарной интерферометрии (на примере рудных районов Приморья) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2012. №2. С.158–163.

Геохимические критерии локализации золотого оруденения в пределах Гонжинского рудного района (Верхнее Приамурье)

Юрченко Ю.Ю., Соколов С.В.

ФГУП «ВСЕГЕИ», *yuri.yu.yurchenko@gmail.com*

На сегодняшний день территория Амурской области занимает ведущее положение в Дальневосточном федеральном округе по разведанным запасам и добыче золота, но основная его доля приходится на россыпные месторождения. Накопленная за весь период добыча рудного золота составляет 50 т против 700 т россыпного золота (Беневольский, 2002). С другой стороны, в последние десятилетия отмечаются перспективы увеличения доли рудного золота на территории Приамурья путем открытия новых месторождений (Бамское, Пионер) и вводом в эксплуатацию ранее открытых (Токурское, Покровское).

Одной из наиболее богатых в отношении золота территорий Верхнего Приамурья является Гонжинский рудный район, охватывающий одноименный блок Буреинского срединного массива и характеризующийся многочисленными проявлениями золотороссыпной минерализации различного генезиса и наличием объектов рудного золота – Пионер, Покровское, Буринда и др.

Исследования на территории Гонжинского рудного района, охватывающие районы месторождений Пионер, Покровское, Желтунак позволили выделить некоторые геохимические особенности локализации золотого оруденения:

1. На основе химического анализа образцов руд (ICP MS, ЦЛ ФГУП «ВСЕГЕИ») установлены главные элементы-спутники золота. Так, например, для месторождения Пионер отмечается схожесть рудной ассоциации рудных зон Бахмут и Андреевская, представленной Au, Ag, As, Sb, при второстепенной роли Pb, Hg, Mo, Bi, при наличии ведущей роли Au для зоны Бахмут и Ag для зоны Андреевская. Кроме того оруденение характеризуется пониженными содержаниями относительно фона Ti, Co, V, Zn, Cr и Ni. В геохимическом спектре рудопроявления Желтунак (участок «Крест») выявлена ведущая позиция Au, As, Sb, Ag, при подчиненной роли Hg, Mo, W, а также резко пониженные содержания относительно кларка (по А.П. Виноградову) U, Bi, Mn, Th, слабо пониженные – Pb, Sn.

2. Территория исследования характеризуется сложными ландшафтными условиями проведения геохимических работ (заболоченность, высокая мощность четвертичных отложений). Поэтому для выявления золотой минерализации в районе месторождений, проведено литогеохимическое опробование почв (горизонт В) методом анализа сверхтонкой фракции с целью выявления наложенных сорбционно-солевых ореолов золота и элементов-спутников (Временные..., 2005). Выделенные минерализованные зоны фиксируются ореолами привноса центростремительных элементов (Au, Ag, Sb As Bi, Cu, Hg, Pb, Mo, Bi) и ореолами выноса центробежных элементов (Ti, Mn, Zn, Co Cr, V). Наиболее надежно минерализованные зоны выделяются по ореолам комплексных геохимических показателей вида TiMnZn, TiVCoCrMnZn (для ореолов выноса) и вида AuAgAsSbCuHg, AuAgAsSbCuHg/TiVCoCrMnZn (для ореолов привноса). Кроме того, установлены граничные значения этих показателей для выделения потенциально золотосодержащих зон (ранг РМ) и тел (РТ) (Соколов и др., 2013).

Выше перечисленные геохимические критерии позволили выделить благороднометалльные рудоносные зоны (Au, Ag), ряд из которых на сегодняшний день заверены геологоразведочными работами.

Литература

Временные методические указания по проведению геохимических поисков на закрытых и полужакрытых территориях / С.В. Соколов и др. СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. 98 с.

Беневольский Б.И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Изд. 2-е. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. 464 с.

Соколов С.В. и др. Эффективность геохимических поисков методом анализа сверхтонкой фракции в сложных ландшафтных условиях Верхнего Приамурья // Интерпретация и оценка разноранговых рудогенных геохимических аномалий в сложных ландшафтно-геологических условиях. Мат-лы VI Всероссийской научно-практической конференции по прикладной геохимии. М.: ИМГРЭ, 2013. С.83–84.

Секция 3. Минералообразующие системы.

Условия зарождения минералообразующих систем, динамика развития, механизмы переноса и причины концентрирования рудных компонентов.

Дайки и золотое оруденение мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья

Абрамов Б.Н.¹, Чернышова Н.Е.²

¹ИПРЭК СО РАН, *b_abramov@mail.ru*;

²ООО «Востокгеология», *nad1277@mail.ru*

В Восточном Забайкалье мезозойские золоторудные месторождения, образованные в результате коллизионных процессов, пространственно приурочены к Монголо-Охотской сутуре (Зорин и др. 1998). В рудных полях золоторудных месторождений широко развиты малые интрузии (штоки, дайки), сгруппированные в дайковые пояса (Бородаевская. 1956). Образование золоторудных месторождений происходило в сходных обстановках. На это указывает следующее: 1) парагенетическая связь золотого оруденения с позднеюрскими интрузивными комплексами (амуджиканский, шахтаминский); 2) однотипный состав пород дайкового комплекса разных месторождений и антидромная схема их магматизма; 3) близкий временной интервал их образования (J_{2-3}); 3) генетическая и парагенетическая связь золотого оруденения с дайками гибридных порфириров и лампрофириров; 4) широкое развитие в рудных полях флюидно-эксплозивных образований и зон кварцево-турмалиновой минерализации.

Примером возрастных соотношений пород дайкового комплекса и золотого оруденения служат следующие месторождения:

Илинское золоторудное месторождение. Отмечается следующая последовательность образований: дайки сиенитов → золотоносные эксплозивные брекчии → гранит-порфиры → кварцевые порфиры → диоритовые порфириты (Абрамов, Манзырев 2011).

Средне-Голготайское золоторудное месторождение. Наблюдается следующая последовательность формирования: гранодиорит-порфиры → диоритовые порфириты → жилы золото-кварцевое оруденение → лампрофиры → золото-сульфидно-кварцевое оруденение (Абрамов, 2012).

Ключевское месторождение. С дайками амуджиканского комплекса парагенетически связано золотое оруденение. Отмечается следующая последовательность образований даек и золотого оруденения: гранодиорит-порфиры → диоритовые порфириты → рудная стадия → гибридные порфириты + лампрофиры → ортоклазиты.

Карийское месторождение. Выявлена следующая последовательность формирования даек амуджиканского комплекса и золотого оруденения: гибридные порфиры → грорудиты + золотое оруденение → лампрофиры.

Таким образом, в рудных полях мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья выдерживается следующая последовательность образования даек: гранит-порфиры → диоритовые порфириты → гибридные порфириты + лампрофиры. С заключительными стадиями формирования дайкового комплекса (гибридные порфириты, лампрофиры) связано образование золотого оруденения. Выявлено, что для заключительных этапов развития островодужных систем характерен антидромный магматизм, где при смешения магм образуются гибридные образования (Фролова, 1991). Такая схема магматизма осуществляется в условиях деструкции земной коры.

Литература

Зорин Ю.А., Беличенко В.Г., Рутштейн И.Г. и др. Геодинамика западной части Монголо-Охотского пояса и тектоническая позиция рудных проявлений золота в Забайкалье // Геология и геофизика. 1998. Т.39. №11. С.104–112.

Бородаевская М.Б. Некоторые особенности петрогенезиса формации малых интрузий позднеюрского возраста в одном из районов Восточного Забайкалья // Известия Академии Наук СССР. Серия геологическая. 1956. №6. С.70–91.

Абрамов Б.Н., Манзырев Д.В. Петрохимические, геохимические особенности интрузивных и эксплозивных пород Илинского золоторудного месторождения (Восточное Забайкалье) // Руды и металлы. 2011. №6. С.52–57.

Абрамов Б.Н. Условия формирования, минералого-геохимические особенности пород и руд Средне-Голготайского золоторудного месторождения (Восточное Забайкалье) // Известия Вузов. Геология и разведка. 2012. №3. С.79–82.

Фролова Т.И. Гомодромная и антидромная последовательность магматизма и земная кора // Вестник Московского университета. Сер.4. Геология. 1991. №1. С.3–20.

Полигенная природа окисленных руд Воронцовского золоторудного месторождения (Северный Урал)

Азовскова О.Б.¹, Баранников А. Г.², Смагин И. В.³, Ровнушкин М. Ю.¹

¹ИГГ УрО РАН, *oazovskova@yandex.ru, rovn@front.ru*;
²УГГУ, *gprmpi.dep@usmu.ru*; ³ЗАО «Золото Северного Урала»

Открытое в 80-х годах XX века на Северном Урале Воронцовское золоторудное месторождение относится к «карлинскому» («невадийскому») типу. Золото-сульфидное оруденение приурочено к крылу моноклиальной складки. Оно локализуется в зоне брекчирования мраморизованных известняков раннедевонского возраста и, частично, в перекрывающих вулканогенно-осадочных породах. Тектонический контроль определяется серией «чешуйчатых» нарушений, опережающих региональный Воронцовский разлом. Месторождение разрабатывается с конца 90-х годов открытым способом. Выделяются два типа руд – «скальные» и «окисленные». К окисленным рудам относятся рыхлые образования мезозойского возраста – элювиально-делювиальные и делювиально-пролювиальные. По данным геологоразведочных работ они подразделены на структурные и перемещенные (смещенные и переотложенные) коры выветривания. Необходимость более детального изучения этих образований определяется их значимым вкладом в общий баланс добываемого металла, а также во многом нерешенными проблемами прогноза месторождений данного типа на Урале.

Анализ морфологии и позиции рудных тел в карстовых зонах свидетельствует об их формировании не только за счет гравитационного перемещения золотоносных кор, но и при наложении более поздних рудно-метасоматических процессов. На это указывают некоторые особенности рыхлых образований, в частности, присутствие «свежего» пирита (иногда и других сульфидов), наличие на его поверхности своеобразных минеральных фаз (рис.1).

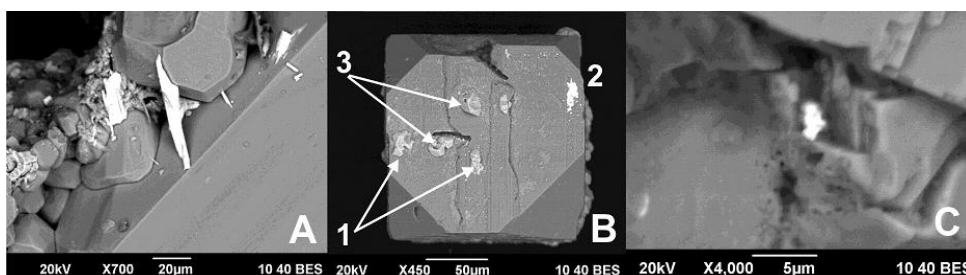


Рис.1. Новобразованные фазы на поверхности зерен «свежего» пирита из карстовых отложений. А - цинкинит (яркое); В - Zn-тетраэдрит (1), галенит (2), вросстки халькопирита (3); С - микровключение гессита (яркое).

Полигенная природа окисленных руд отражается в особенностях золотой минерализации. Свободное золото (преимущественно тонкое) может составлять 90% и более и его условно можно разделить на три типа – перемещенное, остаточное и новообразованное (рис.2).

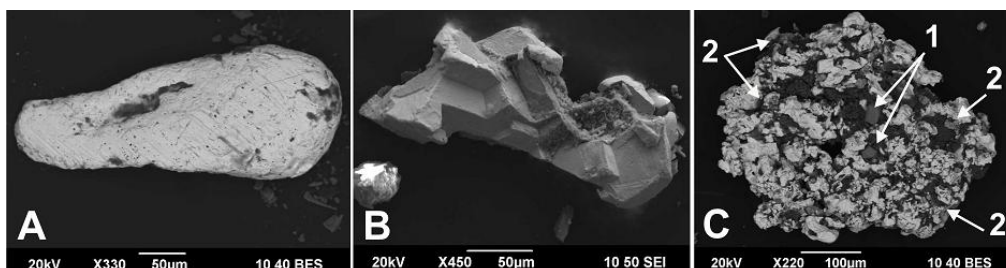


Рис.2. Различные типы свободного Au в окисленных рудах. А - перемещенное со следами механической обработки; В - остаточное (в коре выветривания); С - новообразованное в агрегативном сростании с пиритом (1) и Zn-тетраэдритом (2).

Выявляемые признаки наложения на мезозойские рыхлые породы карста низкотемпературных гидротермально-метасоматических процессов позволяют рассматривать рудоносные карстовые накопления как полигенные образования «гипогенно-гипергенной» природы.

Работа поддержана Программой УрО РАН, проект № 13-05-96039.

Критерии и признаки связи золотоносных рудных систем с постколлизийными активизационными процессами в крупных разломных структурах Урала

Азовскова О.Б.¹, Малюгин А.А.²

¹ИГГ УрО РАН, oazovskova@yandex.ru; ²УГГУ, malyugin.54@mail.ru

Формирование золотоносных рудных систем нередко пространственно и генетически связано с долгоживущими проницаемыми структурами в зонах глубинных разломов и на границах крупных структурно-тектонических блоков. Одной из таких структур является область сочленения Тагильской и Восточно-Уральской мегазон (Тагильского прогиба и Восточно-Уральского поднятия), граница между которыми на значительном протяжении проходит по зоне Серовско-Маукского глубинного разлома. За последнее десятилетие получен обширный фактический материал, свидетельствующий о проявлении в пределах этой структуры «молодых» (мезозойских, мезо-кайнозойских) рудно-метасоматических процессов, сопряженных с корами выветривания или наложенных на них. Объекты исследований – перспективные площади Мраморская (Мр), Красноуральская (Кр) и Северо-Красноуральская (СКУ), Богомоловское золоторудное месторождение и одноименное рудное поле (Бгм), Гумешевское золотосодержащее медно-скарновое месторождение (Гум) – расположены в зоне Серовско-Маукского глубинного разлома и опояривающих его нарушений.

Выявлены следующие основные критерии и признаки золоторудных активизационных процессов (таблица):

Критерии и признаки золоторудных процессов этапа постколлизийной (Mz-Kz) активизации разломных структур

| Критерии | Основные признаки | Объекты исследований | | | | |
|---------------------------|--|----------------------|-----|-----|------------|------|
| | | Мр | Кр | СКУ | Бгм | Гум |
| Тектонический | Наличие 2-х и более систем кливажа на макро- и микроуровне; признаки сдвиговых деформаций | +++ | + | ++ | +++ | +++* |
| Геоморфологический | Наличие кор выветривания (± карст) повышенной мощности (участками до 100 м и более) | +++ | ++ | ++ | +++ | +++ |
| Литолого-минералогический | Проявления углеродизации, присутствие рассеянного органического вещества в виде бесструктурного УВ, битумов, нефтеподобных фаз (в т.ч. в коре выветривания) | +++ | + | ++ | ++ | ?* |
| | Присутствие в корях выветривания, наряду с остаточным и переотложенным Au, новообразованного золота, обычно с большими вариациями пробы, нередко ртутистого, иногда в ассоциации с теллуридами | ++ | + | +++ | ++ | +++ |
| | Ореолы пиритизации (новообразованный пирит) в корях выветривания и иногда в перекрывающих осадках | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ |
| | Наличие на поверхности новообразованного пирита различных минеральных фаз, в т.ч. золота, теллуридов, сульфосолей и пр. | +++ | + | ++ | +++ | +++ |
| | Присутствие в корях выветривания других минералов, связанных с низкотемпературным метасоматозом: сульфиды (халькопирит, галенит и пр.), самородные металлы и интерметаллиды, рисовидный кварц, хорошо окристаллизованные карбонаты и др. | +++ | + | + | + | ++ |
| Геохимический | Присутствие редких и редкоземельных элементов в золотоаномальных спектрах; ореолы Hg | +++ | + | + | ++ | +++ |
| | Некоторые геохимические особенности новообразованного пирита, характерные для рудных систем | +++* | ++ | ++ | Нет данных | |

Примечание: + - относительная степень проявления признака; * - недостаточно данных

Признаки постколлизийных активизационных процессов отмечаются и в структурах Полярного и Приполярного Урала (Новогодненская, Софроновская, Манитаньрдская, Кожимская и др.),

Исследования поддержаны Программой УрО РАН, проект № 12-У-5-1042.

Смещение магматогенных рассолов и метеорных флюидов в Высокогорском олово-порфировом месторождении, Приморье, Россия

Бортников Н.С.¹, Кряжев С.Г.², Гоневчук В.Г.³, Гореликова Н.В.¹,
Рябченко В.М.⁴, Балашов Ф.В.¹

¹ИГЕМ РАН, *bns@igem.ru*; ²ЦНИГРИ; ³ДВГИ ДВО РАН; ⁴КГУ (Красноярск)

Высокогорское месторождение (Кавалеровский рудный район. Приморье), как и большинство месторождений касситерит–силикатно–сульфидной формации, не имеет отчетливо проявленной связи с гранитоидным магматизмом. Однако, в отличие от многих, промышленные рудные тела этого месторождения представлены не только рудными жилами, но и минерализованными дайкообразными флюидно-магматическими брекчиями, формирование которых связано со становлением штока и даек гранодиорит-порфиров. Данные, полученные при изучении флюидных включений в кварце гранодиорит-порфиров и минерализованных брекчий, свидетельствуют о том, что формирование брекчий и рудоотложение может быть связано с дегазацией расплава и смешением гиперсоленых металлоносных магматогенных растворов с метеорными водами. Связь оловянных месторождений с гранитоидным магматизмом доказана многими исследователями. Тем не менее вопрос о том, отделялись ли металлоносные флюиды от кристаллизующихся гранитоидных магм, дискутируется даже для месторождений, непосредственно локализованных в гранитоидных массивах (Lehmann, 1990). Еще менее определенной представляется генетическая связь рудоносных флюидов, отлагавших касситеритовые руды месторождений Дальнего Востока России, которые пространственно ассоциируют с дайками и малыми интрузиями (Бортников и др., 2005). Нами впервые обосновывается магматогенная природа высококонцентрированного минералообразующего флюида, из которого образовались оловянные руды Высокогорского касситерит-силикатно-сульфидного месторождения – типичного представителя оловорудных месторождений Кавалеровского рудного района в Приморье, и показана аналогия этого месторождения с порфировыми минералообразующими системами. Выявленные особенности состава и свойств флюидных включений позволяют охарактеризовать два этапа эволюции рудообразующей системы Высокогорского месторождения. Ранний этап связан с отделением магматогенного флюида при кристаллизации гранит-порфиров 1-й фазы. Высокая соленость, многокомпонентность, присутствие рудных фаз и гетерогенное состояние флюида – весьма характерные черты включений рудообразующих растворов, генетически связанных с флюидонасыщенными рудоносными порфировыми интрузивами. Предполагается, что отделение водной флюидной фазы происходило в результате вскипания водонасыщенного расплава. Процесс вскипания и последующая декомпрессия являются основными источниками энергии при образовании брекчий. Отделение боронасыщенного магматического флюида из апикальных частей кристаллизующегося массива гранит-порфиров способствует образованию дайкообразных брекчий. Включения магматогенного флюида обнаружены только в обломках гранит-порфиров, которые залегают на глубине. Данный факт однозначно указывает на то, что процесс дегазации расплава предшествовал образованию брекчий. Можно предположить, что флюид накапливался в глубоких внутренних частях магматической камеры. При достижении критического давления в результате взрыва разрушались породы, он прорывался к поверхности и перемещал обломки в верхние зоны, образуя брекчии. Остаточный расплав, для которого в этом случае вероятен состав обычных для месторождений района ультракалийевых риолитов, перемещающийся с меньшей скоростью, сформировал «инъекционные» дайки гранит-порфиров 2-й фазы. На позднем этапе эволюции в рудообразующую систему вовлекались разбавленные гидротермальные флюиды, захваченные включениями, обнаруженными в кварце гранит порфиров 2-й фазы и в карбонатном цементе брекчий. Низкосоленый флюид мог образоваться как при вскипании магматогенного флюида, так и при поступлении нагретых метеорных вод. Более вероятной причиной снижения солености флюидов является смешение высокотемпературных магматогенных и низкотемпературных метеорных вод, что подтверждается выявленной взаимосвязью температур гомогенизации и состава флюида.

Литература

Бортников Н.С., Ханчук А.И., Крылова Т.Л. и др. // Геол. рудн. месторожд. 2005. С.537–570.

Lehmann, B. Metallogeny of tin: Lecture Notes in Earth Sciences. V.32. Berlin, Springer-Verlag, 1990. 211 p.

Особенности локализации рудных тел в сульфид- и сурьмусодержащих оловорудных месторождениях Таджикистана

Вазиров К.В., Малахов Ф.А.

TNU, vazirov15@rambler.ru, malahov75@mail.ru

В Таджикистане известно большое количество сульфидно-полиметаллических, благородных, сурьмяных, сурьмяно-ртутных и сульфид- и сурьмусодержащих оловорудных месторождений. Основная их масса относится к телетермальному типу (Sb, Hg), меньшая часть – к плутоногенным (W, Sn, Au, Ag). Связующими между ними являются Sn-W-антимонитовые, сульфидно-полиметаллические, золото-арсенопиритовые месторождения. Объекты нашего исследования в региональном плане это сульфид- и сурьмусодержащие оловорудные месторождения, которые представлены двумя формационными типами – силикатно-сульфидно-касситеритовым и касситерит-сурьмяным. Силикатно-сульфидно-касситеритовый тип оруденения широко распространен в Пасруд-Ягнобской рудной зоне Южно-Тяньшанского оловорудного пояса. В Пасруд-Ягнобской зоне расположены сульфид- и сурьмусодержащие оловорудные месторождения Тагобикуль, Кумарх. Между последними расположено проявление Темырхан, которое увязывает их в единое рудное поле. Рудовмещающими являются терригенно-карбонатные породы PZ2, осложненные интрузивными породами и контролируемые Гиссаро-Каратегинским краевым разломом, чем объясняются совмещенное расположение оловянных и сурьмяных руд в одних и тех же структурах и наличие в оловянных рудах попутного антимонита. На западном фланге Тагобикульского месторождения, в нижних ярусах оловянное оруденение количественно уменьшается, а кварц-антимонитовые жилы, слагающие верхний рудный горизонт, уничтожены эрозией. Для восточной части участка Тагобикуль характерны жилы кварц-турмалиновой ассоциации. На Кумархе рудоносные зоны вскрыты на 300–500 м, что является надрудным уровнем эрозионного среза оловянных руд. Сурьмяная с золотом минерализация находится в сравнительно благоприятных условиях. Во всех зонах прожилки антимонита секут оловянное оруденение и накладываются на него. Антимонит в лежащем боку представлен в виде сплошной массы, в средней части преобладает прожилково-вкрапленное оруденение, в висячем – вкрапленное. Нередко в жилах кварц слагает их зальбанды, а турмалин-сульфидные с касситеритом агрегаты заполняют центральные части жил. Пространство между агрегатами этих минералов заполнено антимонитом, реже сфалеритом и галенитом. С глубиной минеральный состав кварц-антимонитовых прожилков усложняется, появляются арсенопирит, сфалерит, касситерит, пирит и золото. Прослеживается зональность, в центральной части прожилков локализуется оловянное оруденение, затем переходящее к полиметаллическому (Мушистон, Хиргасанг) и сурьмяно-полиметаллическому (Пагна) на флангах. Кварц-сурьмяные с золотом образования занимают место в крайней, наиболее удаленной от интрузива зоне, завершая рудный этап. Касситерит-сульфидный тип минерализации локализован в разрезе песчано-сланцевой толщи перми и эффузивно-карбонатных пород юры (Заречное, Памир). Оно приурочено к северному крылу Тахтамышского антиклинория, осложненного Мургабским и Карабелесским надвигами широтного простирания. К последним зонально приурочены оловянная, свинцовая и сурьмяная минерализации. Основная масса олова локализована в линейной штокообразной сильно смятой зоне в нижнем поднадвиговом ярусе при его пересечении с Джартыгумбезским меридиональным разломом. Сурьмяная минерализация локализуется в висячем боку надвига и его верхних горизонтах. В блоке, где встречается оловянное оруденение, появляется свинцовое проявление вдоль Карабелесского надвига. В формировании сурьмяной минерализации основную роль играет экранирование. Совмещенное нахождение оловянной, сурьмяной и свинцовой минерализации свидетельствует о деятельности единых рудогенерирующих их очагов рудного процесса. Таким образом, антимонит в сульфид- и сурьмусодержащие оловорудные месторождения и рудопроявления Таджикистана является продуктом заключительных стадий единого рудогенерирующего процесса. Антимонит в виде попутного минерала или примесей содержится в рудах ряда месторождений других генетических типов. При обогащении оловорудных месторождений параллельно с основными концентратами можно получить значительное количество концентрата сурьмы.

Условия минералообразования в колчеданных месторождениях Урала

Викентьев И.В.

ИГЕМ РАН, viken@igem.ru

На Урале колчеданные месторождения локализованы на двух стратиграфических уровнях островодужного риолит-базальтового вулканизма: силурийском (O_3-S) и девонском (D_1e-D_2gv) в пространственно разобщенных структурах: первые в основном в Тагильской синформе, а вторые – в Магнитогорской. Преобладают Cu-Zn месторождения уральского типа, в рудах которых $Cu > Zn$ (Гайское, Юбилейное и др.) или же $Zn > Cu$ (Учалинское, Узельгинское и др.). Мелкими являются колчеданно-полиметаллические месторождения (Cu-Zn-Pb-Au-баритовые), приближающиеся к типу куроко, в том числе золото-полиметаллические Баймакского района (Ю.Урал), а также Cu-Co месторождения (близки кипрскому типу).

Природа процессов формирования этих месторождений и, особенно, происхождение рудообразующих гидротермальных растворов, до настоящего времени являются предметом дискуссии. Надежные доказательства определяющей роли в этом океанического рециклинга отсутствуют, а имеющиеся оценки балансов масс металлов противоречивы. В результате комплексного изучения расплавных и флюидных включений в минералах и систематизации в последние годы полученных для слабо метаморфизованных месторождений изотопных данных оценены физико-химические параметры и источники вещества гидротермальных процессов.

Проведенные микротермометрические и изотопно-геохимические исследования позволяют сделать вывод о двойственной природе рудообразующих флюидов на месторождениях Урала. Основные его компоненты – преобразованная морская вода и магматический флюид. В их корневых частях (в центральной зоне рудоподводящего канала и на глубине) по флюидным включениям и геохимии изотопов фиксируется восходящий поток глубинных высокотемпературных гидротермальных растворов, имеющих, вероятно, первично-магматическую природу. Важно, что высокая газонасыщенность рудообразующих растворов не может быть объяснена за счет количества углекислоты в исходной морской воде и вымывании из базальтов при рециклинге.

По крайней мере, на части из месторождений (включая самые крупные объекты) наиболее вероятно образование основной массы руд шло существенно ниже морского дна (давления в 0.5–1 кбар, оцененные по содержащим углекислоту включениям) при преобладающей роли магматического флюида (по данным изотопии Sr, S, C, O и H). Анализ методом LA-ICP-MS расплавных и флюидных включений магматической воды во вкрапленниках кварца выявил высокую насыщенность металлами первичных магматического флюида и магматического расплава. Проведенные исследования свидетельствуют о реальном участии магматических флюидов и вероятном значительном вкладе металлов магматогенной природы в образование колчеданных месторождений. Магматические флюиды, по последним данным (Yang, Scott, 2006), являются основным источником цветных и благородных металлов “черных курильщиков”, связанных с современными островодужными системами.

Степень преобразования большинства месторождений Урала является незначительной и в основном соответствует пренит-пумпеллиитовой фации метаморфизма. В контактовых ореолах крупных гранитоидных массивов (месторождения Таш-Яр, Тарньер, им. 50-летия Октября, Красногвардейское), а также в некоторых зонах смятия (Дегтярское, Карабаш, Маукское, Гайское) степень метаморфизма достигала зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фации. Метаморфизм сопровождался перекристаллизацией и переотложением синвулканических сульфидов, укрупнением их агрегатов, перераспределением цветных металлов (до почти полной ремобилизации). Так, формирование регенерированного цинкового месторождения Таш-Яр происходило при 440–205°C, давлении 6.1–0.7 кбар, концентрации солей растворов 6.1–3.1 мас.% экв. NaCl в условиях гетерогенизации флюидов и концентрации CO_2 во флюидах до 31 мас.%.

Работа выполнена при поддержке РАН (П-27, проект 1.1.2) и РФФИ (№12-05-00785 а).

Природные капсулированные металлоуглеродные наночастицы

Глаголев В.А., Шабанова Т.А.

ИГН им. К.И. Сатпаева НАН РК, vaglag@mail.ru

Наноразмерные частицы вещества, покрытые оболочками распространённое явление как в природе, так в технологических процессах различных производств. Известно, что в качестве катализатора для образования большинства наноразмерных углерод- и кремнийсодержащих частиц требуется металлическая фаза.

Выделение и исследование таких частиц в природном далеко не однородном материале достаточно сложная задача. Для подтверждения распространённости условий, приводящих к образованию капсул нами исследовались «чистые» материалы химически синтезированные в заданных (аналогичных природным) условиях.

Процессы, приводящие к образованию капсулированных металлсодержащих фаз могут быть различными.

1 – процессы карбонизации и науглероживания при участии наноразмерных частиц металлов катализаторов часто сопровождаются капсуляцией металлических фаз углеродными соединениями.

2 – в процессах горения могут образоваться как капсулированные частицы, так и различные эндофуллерены. Архитектурные построения на основе всех видов фуллеренов также могут стать капсулами для металлсодержащих фаз.

3 – плазмохимические процессы также, как и различного вида дуговые разряды, приводят к образованию металлических фаз, покрытых корочками. Причем оболочки могут иметь не только сажистую, но и графитоподобную структурную упорядоченность.

4 – в механохимическом синтезе процессы приводят к формированию привитых веществ, часто в виде корочек. Характеристики капсул зависят от применяемого в процессе модификатора. При использовании азотсодержащих модификаторов часто проявляется энергетическая напряженность – устойчивая «энергетическая интерференция», зафиксированная азотсодержащей корочкой.

Использование механо-химически «активного» продукта в качестве сырья последующих процессов, например, науглероживания, стимулирует образование периодически повторяющихся структурных элементов.

Предложено устройство слоистой капсулы, покрывающей металлическую фазу. Капсуляция металлической фазы не всегда является заключительной стадией, возможно восстановление работы катализатора при изменении термодинамической обстановки в зоне роста наночастицы, например повышении температуры.

Приведенные выше процессы вполне соответствуют природным условиям формирования метаморфизованных углеродистых толщ таких как шунгиты и черные сланцы. При этом капсулирование металлсодержащей фазы (например – золото) в углеродной оболочке определяются как – протоминеральные образования.

Краткие выводы:

- капсуляция частиц является распространённым явлением и не только в искусственных процессах.

- технологии извлечения полезных компонент из руд состоят из набора физико-химических процессов, которые могут приводить к образованию оболочек на поверхностях тех частиц, которые необходимо извлечь.

Результатом использования традиционных технологических схем становится получение «упорных» к извлечению компонент сырья. Необходимо выявить технологические стадии, приводящие к капсуляции частиц и к выводу из оборота ценных продуктов. Такие капсулированные частицы могут стать источниками экологических проблем.

- капсулированные наноразмерные частицы могут быть самостоятельным сырьем или прекурсорами при получении различного вида дисперсных композитных материалов для «высоких технологий».

Минералого-геохимические индикаторы и перспективы благороднометалльного рудогенеза в палеопротерозойских траппах Карелии

Голубев А.И., Иващенко В.И.

ИГ КарНЦ РАН, golubev@krc.karelia.ru, ivashche@krc.karelia.ru

Палеопротерозойский трапповый магматизм и связанное с ним комплексное (Ti, Fe, V, Pt, Pd, Au) оруденение контролируются в Карельском регионе Онежско-Беломорско-Лапландской рифтогенной системой и процессами ее тектоно-магматической активизации в ятулии – людиковии (2.1–1.9 млрд. лет). По состоянию изученности известно два промышленных месторождения – Пудожгорское и Койкарско-Святнаволоцкое, приуроченных к одноименным контрастно дифференцированным (габбродолериты-диориты-монцодиориты-гранофиры) пологим мало-мощным (100–150 м) силлам, расположенным соответственно в восточном и западном бортах Онежской впадины. Возраст интрузий – 1983.4 ± 6.5 – 1984 ± 8 млн лет. Они сформированы высокожелезистыми (Fe_2O_3 – 21.0–21.9%), высокотитанистыми (TiO_2 – 2.85–3.1%), обогащенными V, Cu, S расплавами с региональным фоном благородных элементов (БЭ) на порядок выше кларка и истощенными по Ni, Co, Cr. Для разрезов обеих интрузий характерно широкое развитие фтор-, хлор- и гидроксилсодержащих силикатов – амфиболов, биотита, хлорита, что, вероятно, указывает на высокие концентрации галоидов и воды в исходном расплаве. Типоморфным для дифференциатов нижних частей интрузий является повсеместное присутствие бадделеита, обрастающего каймой циркона.

Благороднометалльная минерализация (Pd, Pt, Au) пространственно полностью совмещена с титаномагнетитовым оруденением, ассоциируя с халькопиритом, борнитом, клаусталитом. Суммарное содержание БЭ составляет 0.707–3.58 г/т (среднее ~1 г/т) на мощность рудной залежи 10.5–12.0 м. Минерализация является золото-платинометалльной (Pd – 46.8%, Pt – 18.6%, Au – 34.6%) и представлена котульскитом, меренскитом, кейктоннитом, сопчеитом, Тепалладинитом, сперрилитом, кристанлеитом ($\text{Ag}_2\text{Pd}_3\text{Se}_4$), золотом самородным (пробность 885–927‰), электрумом, ртутьсодержащим (до 6%) электрумом, аргентитом, гесситом, науманнитом. Рудный горизонт, по сравнению с подрудным и надрудным содержит также барит, ганит, ортит и имеет более высокие содержания (%) Ni (0.005–0.03), Co (0.004–0.03), Zn (0.01–0.08), Cu (0.03–0.55). Пики концентраций БЭ элементов в рудном горизонте совмещены. Отмечается четкий минералогический контроль резкого увеличения концентраций БЭ при смене пирит-халькопиритовой ассоциации на халькопирит-борнитовую, т. е. с высокосернистой на более дефицитную по сере. Сульфиды ассоциируют с поздним парагенезисом – амфибол ± биотит ± хлорит ± ильменит-II, формировавшимся, по-видимому, вслед за лейкоксенизацией титаномагнетита. Минералы этого парагенезиса характеризуются высокой железистостью (амфибол – Fe-Si-актинолит, Si-феррочермакит, биотит – $f = 0.70$ – 0.75 , хлорит – $f = 0.65$ – 0.75) и стабильно высокими содержаниями хлора – амфибол (~1.0%), биотит (~2.0%). Более ранний минерал-концентратор галоидов – апатит имеет низкие содержания хлора (до 0.4%) и высокие фтора (4–6%). В целом по разрезу интрузий концентрации хлора в биотите и амфиболе закономерно меняются. Наиболее низкие (0.2–0.6%) – в подрудном горизонте и наиболее высокие, но сильно варьирующие (0–2.5%) – в надрудном. Эти минералого-геохимические особенности рудного титаномагнетитового с ванадием и благородными металлами горизонта, являющиеся индикаторными для данного типа оруденения в палеопротерозойских траппах Карелии, наиболее полно проявлены в Пудожгорском и Койкарско-Святнаволоцком интрузивах, суммарные ресурсы БЭ в которых по категории P_1 составляют 901.1 т.

Установленные минералого-геохимические индикаторы благороднометалльного рудогенеза в данных интрузиях в приложении к их формационно-возрастным аналогам (силлы – Габбневский, Тубозерский, Медные Горы, Чинозерский и др.), развитым в Карельском регионе, указывают на наибольшую перспективность среди них Чинозерского силла. В этом интрузиве минералого-геохимические признаки благороднометалльного оруденения в титаномагнетитовом горизонте проявлены во всей своей совокупности в полном объеме и металлогеническая значимость этого подтверждена повышенными содержаниями БЭ (до 1 г/т) и развитием соответствующей минерализации – сперрилита, кристанлеита, науманнита, аргентита, электрума, золота самородного.

Геохимия метасоматических сульфидных руд в офиолитовых ультрабазитах Восточного Саяна

Дамдинов Б.Б.

ГИН СО РАН, damdinov@gin.bsnet.ru

В пределах офиолитового комплекса Восточного Саяна известно большое количество гидротермально-метасоматических проявлений рассеянной сульфидной минерализации, большинство из которых сосредоточено в районе Оспинско-Китойского массива и его обрамления. Детального изучения состава таких проявлений ранее не проводилось. Были выявлены лишь повышенные содержания Ni, Cu и, участками, Pt и Pd. Однако типизации проявлений и распределения ЭПГ по типам минерализации проведено не было в связи с отрицательной оценкой этих объектов для промышленного освоения. Тем не менее, зоны сульфидной минерализации могут представлять интерес, прежде всего в научном плане, для изучения геохимии благородных металлов при различных вторичных процессах в ультрабазитах, а также в связи с концентрированием ЭПГ в зонах сульфидизации. Проведенные исследования позволили выявить несколько типов гидротермально-метасоматической сульфидной минерализации в ультрабазитах (Дамдинов, 2012). Установлено, что сульфидные проявления различаются по минеральному составу руд, составу вмещающего субстрата и типу метасоматического процесса. Серпентиниты с Ni-Co и Cu-Ni вкрапленной минерализацией проявляются при антигоритовой серпентинизации ультрабазитов и связаны с появлением небольшого количества серы в ходе серпентинизации. С жилами родингитов в серпентинитах связана борнит-магнетитовая минерализация. В базит-ультрабазитах кумулятивного комплекса офиолитовой ассоциации распространена пиритовая минерализация. Сульфидно-полиметаллическая минерализация локализована в зонах лиственитизации, в обрамлении гранитоидных тел, прорывающих ультрабазиты.

Выделенные типы оруденения характеризуются различным распределением основных рудообразующих компонентов – Ni, Co, Cu, Pb, Zn и др. и некогерентных элементов-примесей, в частности, РЗЭ. Однако все сульфидизированные породы, вне зависимости от состава оруденения, характеризуются повышенными концентрациями As и Sb на уровне 10–100 г/т. Уровни содержания ЭПГ (Pt и Pd) также не зависят от состава оруденения и имеют значения порядка 0.0n – 0.n г/т. Проведенные исследования геохимии Pt и Pd в сульфидных минералах показали, что ЭПГ концентрируются преимущественно в сульфидах Ni и Co, тогда как в пирите концентрации платиноидов относительно низки. Следовательно, в пиритизированных породах, в данном случае, пропилитизированных базит-ультрабазитах, платиновые минералы присутствуют преимущественно, в виде собственных минеральных фаз. Однако минеральные фазы ЭПГ и золота фиксируются также в Cu-Ni и Ni-Co вкрапленных рудах. Содержания Cu в сульфидизированных породах варьируют, и наибольших значений (до 2000 г/т) достигают соответственно в Cu-Ni сульфидных и борнит-магнетитовых рудах, тогда как Pb и Zn максимально концентрируются в лиственитах. По распределению РЗЭ сульфидизированные породы отличаются довольно значительно. Так зоны вкрапленной сульфидной Cu-Ni и Ni-Co минерализации по уровню содержания некогерентных элементов примерно соответствуют первичным ультрабазитам, отличаясь особенностями распределения, тогда как породы, подверженные таким вторичным процессам как карбонатизация, родингитизация, пропилитизация характеризуются более отчетливыми изменениями геохимического облика.

Гидротермально-метасоматические сульфидные проявления в ультрабазитах отчетливо различаются по распределению элементов-примесей, несмотря на единый первоисточник сульфидизированных пород (в данном случае – реститовые и кумулятивные ультрабазиты офиолитового комплекса). Различия в геохимическом составе продуктов вторичного изменения, обусловлены в первую очередь химизмом метасоматических процессов, сопровождающих сульфидизацию пород.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ, грант №10-05-00012.

Литература

Дамдинов Б.Б. Типы сульфидной минерализации в офиолитовых ультрабазитах Восточного Саяна // Мат. Всероссийской конференции «Современные проблемы магматизма и метаморфизма». СПб: СПбГУ, 2012. Т.1. С.188–191.

Типизация гидротермального золото-редкоземельного оруденения

Дунин-Барковская Э.А.¹, Ким М.А.²

¹ИГуГ АН РУз, *Eleonoradb@yandex.ru*; ²ИГуГ АН РУз, *marg_kim@mail.ru*

Систематизированы проявления редкоземельной минерализации в золоторудных месторождениях Узбекистана и некоторых регионов. Выделяются два типа пород, вмещающих золото-редкоземельную минерализацию: интрузивные (R_3) и метаморфические осадочные и вулканогенные ($R-Pz_3$). Выделены три основных геохимических типа: Au-REE, Au-Pd-REE и Au-REE-As.

Au-REE-геохимический тип – золото-редкоземельная минерализация в кварцевых жилах среди плагиогранитов (R_3). Кварцевые жилы убого-сульфидные. Редкие земли находятся в виде монацита, образующего монокристаллы, двойники, сростания с рутилом, апатитом, пиритом. Представителем является рудопоявление Туюк Левобережный в Бештор-Тундукском интрузиве (Пскемский хребет, Узбекистан) (Дунин-Барковская, Колоскова, 2012).

Au-Pd-REE – геохимический тип представлен золото-палладиево-редкоземельной минерализацией в метасоматитах по метаморфическим породам. Высокоглиноземистые метасоматиты с фукситом, кварц-альбитовыми прожилками на периферии Au-Pd-рудных тел, образовавшихся по метатерригенным ($S-O_1$) и мета-вулканогенным породам (R_3). Редкоземельные минералы: монацит, ксенотим, ортит, La- содержащий апатит, флюоренсит, поликраз и др. из группы тяжелых редких земель (иттровая группа). Представителями являются Чудное, Нестеровское и другие рудопоявления Приполярного Урала (хребет Малдынырд) (Моралев, Борисов и др. 2005).

Au-REE-As-геохимический тип – золото-редкоземельно-сульфидно-мышьяковистое оруденение в калишпат-альбит-хлоритовых метасоматитах. Золото самородное и «невидимое» в сульфидах. Метасоматиты, образовавшиеся по метатерригенным породам (S_2-O_1) и сопровождающие кварцевые прожилки с золотом, пиритом, арсенопиритом, которые связаны со вторым последовательным этапом рудообразования. Редкоземельная минерализация представлена монацитом и ксенотимом Пластинчатый и короткопризматический монацит располагается в метасоматитах. Образуется вкрапленность в пирите, сростания с рутилом, апатитом, пиритом. Этот тип золото-редкоземельной минерализации встречается в месторождении Мурунтау золото-редкометалльно-кварцевой формации – мировом гиганте. (Дунин-Барковская, 1997-2007; Дунин-Барковская, Ким, 2013). К этому же типу можно отнести менее крупные месторождения Мютенбай и Бесапантау Мурунтауского рудного поля (Центральные Кызылкумы, Узбекистан) (Василевский, Ежков и др., 2012).

В Au-REE-Sb-As-геохимическом типе с золото-редкоземельно-сульфидно-мышьяковистым оруденением прожилково-вкрапленного типа более 70% золота присутствует в «невидимой» форме в арсенопирите и As-пирите. Оруденение находится в метасоматитах березит-лиственитового характера, развитых по орто- и парасланцам, метатерригенным породам (R_3 ?). Монацит вкраплен в метасоматитах. Представителями этого типа являются многочисленные месторождения и рудопоявления Кокпатасского и Даугызтауского рудных полей в Кызылкумах в Узбекистане и месторождение Ч.-Корыто в Бодайбинском районе Сибири (Россия).

Au-W-REE-As-геохимический тип представляет собой также тонковкрапленную минерализацию в метасоматитах березитовой и лиственитовой формаций, образовавшихся по метаморфизованным кристаллическим сланцам в зоне экзо- и эндоконтакта гранитоидов Кошрабадского интрузива. Представителем данного типа является месторождение Сармитан с золотом и арсенопиритом в стержневых кварцевых жилах и прожилково-вкрапленных зонах (Мусаев, 2012).

Монациты указанных геохимических типов отличаются по содержанию Th и соотношениям Ce:La:Nd. Для эпитермальных руд золота присутствие редкоземельной минерализации не характерно. Общей особенностью данной минерализации в Кызылкумах Узбекистана является невысокое суммарное содержание редкоземельных элементов в рудах (Дунин-Барковская, 1997, 2006, 2007) и очень мелкий размер зерен этих минералов (5–50 мкм), что на данном этапе не позволяет извлекать их попутно при разработке месторождений.

Происхождение минералообразующих флюидов Орловского месторождения золота (Южный Урал)

Знаменский С.Е.¹, Мичурин С.В.¹, Анкушева Н.Н.²

¹ИГ УНЦ РАН, znamensky_serгей@mail.ru;

²ИМун УрО РАН, ankusheva@ilmeny.ac.ru

Орловское месторождение расположено в зоне Главного Уральского разлома на Южном Урале. Оно локализовано в зоне чешуйчатого взброса юго-восточного падения. Рудовмещающими являются карбонатные, вулканогенно-осадочные и эффузивные породы ирендыкской свиты (D_2e_1), подвергшиеся дислокационному метаморфизму зеленосланцевой фации. Размещение оруденения контролируется вторичными разрывами чешуйчатого взброса. Рудные тела представляют собой зоны биотит-альбит-кварц-хлорит-эпидот-актинолитовых сланцев, содержащих сульфидно-карбонат-кварцевые прожилки с самородным золотом. За пределами рудовмещающих разрывов интенсивность динамометаморфических изменений падает. При этом заметно сокращается количество сульфидно-карбонат-кварцевых прожилков, а содержания золота становятся непромышленными. С целью выяснения возможных источников минералообразующих флюидов нами выполнены термобарогеохимические исследования флюидных включений в кальците из сульфидно-карбонат-кварцевых прожилков рудных тел и безрудных зон, определен изотопный состав углерода и кислорода кальцита и серы пирита из этих прожилков, а также изучено распределение РЗЭ во вмещающих породах и пирите.

По данным изучения включений в кальците методом криометрии, гидротермальные растворы Орловского месторождения имеют $NaCl-KCl-H_2O \pm MgCl_2, FeCl_2, Na_2CO_3$ и K_2CO_3 состав. Концентрации солей составляют 2.5–6.6 мас. % $NaCl$ -экв., значения солености – 3–5 мас.% $NaCl$ -экв. Температуры гомогенизации варьируют в интервале 165–220°C. Физико-химические параметры растворов, изученные во флюидных включениях в кальците из рудных тел и безрудных зон, близки между собой. По-видимому, в период формирования карбонат-кварцевых прожилков в гидротермальную систему месторождения были вовлечены слабоминерализованные метеорные воды.

Кальцит из карбонат-кварцевых прожилков характеризуется незначительными вариациями $\delta^{13}C$ (-2.3– -0.6‰) и $\delta^{18}O$ (13.9–15.3 ‰). По значениям $\delta^{18}O_{H_2O}$ (4.1–5.5‰), рассчитанным для средней температуры 200°C, минералообразующий флюид соответствует метаморфической воде, а по значениям $\delta^{13}C_{CO_2}$ (-2.1– -0.4‰) близок к изотопному составу углерода осадочных морских карбонатов.

Изотопный состав серы пирита зависит от состава вмещающих пород и положения относительно рудных тел. В безрудных зонах, которые сложены динамометаморфизованными пироксен-плаггиоклазовыми порфиритами, пирит отличается околонулевыми значениями $\delta^{34}S$ (0.0–2.3‰). В безрудных сланцах, образовавшихся по туффитам, он значительно обогащен тяжелым ^{34}S изотопом (9.4–10.1‰). Такая зависимость может быть объяснена процессами взаимодействия серы при формировании пирита из вмещающих пород. В рудных зонах эта зависимость сохраняется, но здесь появляется пирит с промежуточными значениями $\delta^{34}S$ (3.3–5.6‰), что, вероятно, обусловлено процессами смешивания в зонах рудовмещающих разломов серы, выделявшейся при метаморфизме как вулканогенных, так и вулканогенно-осадочных пород.

Установлено, что слабоизмененные разности пород, образовавшиеся по ним динамосланцы и пирит из прожилков, локализованных в этих сланцах, имеют сходные спектры распределения лантаноидов, которые характеризуются накоплением легких редких земель и наличием небольших отрицательных Eu аномалий, что позволяет предполагать метаморфогенный источник РЗЭ в гидротермальных растворах.

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о метаморфогенной природе рудообразующих флюидов Орловского месторождения, которое, по-видимому, относится к орогенному типу золоторудных объектов, связанных с зеленосланцевыми комплексами.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты 11-05-97021-р_поволжье_а), ФЦП Минобрнауки (ГК П 237) и проекта молодых ученых и аспирантов УрО РАН (№ 11-5-НП-554).

Источники гидротермальных растворов, сопровождавших внедрение кимберлитов Накынского поля Якутии

Игнатов П.А.¹, Новиков К.В.¹, Шмонов А.М.¹, Разумов А.Н.²,
Килижеков О.К.², Ковальчук О.Е.³, Лисковая Л.В.³

¹МГРИ-РГГРУ, *petrignatov@gmail.com*; ²БГРЭ АК «АЛРОСА»;

³НИГП АК «АЛРОСА»

В Накынском алмазоносном поле Западной Якутии проявлены постмагматические гидротермальные прожилково-метазернистые образования, сопровождающие ранне-среднедевонские траппы и позднедевонские кимберлиты. На этапе трапповой активизации формировалась ассоциация скарнов, представленная пироксеном, андрадитом, флогопитом, магнетитом, эпидотом, тальком, хлоритом, галенитом и сфалеритом. А также образовались метазернистый пирит, прожилки и друзы кальцита и целестина. Посткимберлитовые ассоциации включают: кальцитизацию и доломитизацию; кальцитовые, пирит-кальцитовые, пиритовые, кальцит-пирит-целестиновые и кальцит-пирит-баритовые прожилки; кальцит, доломит, серпентин и хлорит в агрегативных прожилках (флюидизитах). Минеральные ассоциации двух этапов слагают разобщенные и частично телескопированные ореолы, откартированные в пределах центральной части Накынского поля.

По дифрактометрии стронциебариты не зафиксированы. Параметры кристаллической решетки барита и целестина не позволяют различить те из них, которые связаны с кимберлитами или траппами. Анализ первичных газожидких включений в целестине и барите показывает Тгом. – 190–155°C и Na-Cl состав рассолов с концентрацией 3.6–1.6 вес.%. Изотопный состав целестина ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7088\text{--}0.7092$) и барита ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7075\text{--}0.7092$) согласно данным (Алексеев и др., 2007) соответствует древним Na-Cl захороненным рассолам Сибирской платформы.

Тгом. прожилковых кальцитов составила 92–131°C. Данные по изотопии кислорода этих кальцитов, позволили рассчитать изотопный состав кислорода воды для системы $\text{H}_2\text{O}-\text{CaCO}_3$, который составил -4.1 и -1.6%, что соответствует по данным (Дзюбы, 1984, Алексеев и др., 2007 и др.) Ca-Cl рассолам Сибирской платформы. Данные по фотолюминесценции вторичных кальцитов в совокупности с изотопным составом углерода и кислорода показывают участие в их образовании глубинного CO_2 и глубокозалегающих рассолов. Характерно, что в околокимберлитовом пространстве гидротермальные кальциты имеют красную, желтую и синюю окраску и соответствующие спектры фотолюминесценции, которые определяются повышенной примесью марганца и может быть европия. Для них характерен более легкий изотопный состава углерода и большая изменчивость изотопов кислорода, что в совокупности маркирует поступление глубинного CO_2 и относительно повышенные температуру и давление.

По данным рентгенографии и термографии установлены отличия доломита и кальцита, слагающих агрегаты осадочных неизмененных и перекристаллизованных доломитов и известняков, флюидизитовые прожилки и гидротермальные кальцитовые прожилки в осадочных породах палеозоя и в кимберлитах. В частности, по мере возрастания средней удельной теплоты диссоциации намечен ряд: основная масса кимберлитов → флюидизитовые прожилки → осадочные образования → гидротермальные прожилки.

Изотопный состав сульфидной серы вторичного пирита колеблется в широких пределах, $\delta^{34}\text{S}$ варьирует от -8.9 до +85.5‰, что отражает его полигенность и полихронность. Метазернистые выделения микрокубических сфероидных агрегатов пирита, его ассоциация с прожилками кальцита и сульфатов Sr и Ba можно объяснить восстановлением H_2S из сульфатов рассолов и поступлением глубинного газа.

Отмеченные особенности гидротермальных образований используются в качестве дополнительных признаков при детальном поисках коренных месторождений алмазов на закрытых территориях.

Пириты золоторудного месторождения Дrajное

Имамендинов Б.Н.¹, Гусев И.М.²

¹ФГУП ЦНИГРИ, *boris_geo@mail.ru*; ²ФГУП ЦНИГРИ, *litolog@yandex.ru*

Месторождение Дrajное (В. Якутия) является одним из наиболее крупных золоторудных объектов, открытых в современной России. Общее количество запасов и ресурсов золота на месторождении превышает 500 т. Промышленный потенциал месторождения определяется масштабным проявлением минерализации золото-кварцевого типа. Пирит – наиболее распространенный на месторождении рудный минерал. Образование пирита обусловлено воздействием различных процессов – диагенезом осадков, метаморфизмом, разновозрастными проявлениями гидротермальной активности. Как следствие, все генерации пирита, обладают индивидуальными свойствами и имеют различное поисковое значение. Нами на месторождении выделено 6 генераций пирита описанные ниже в порядке образования:

Пирит-1 – осадочно-диагенетический. Содержание в рудах до 0.1–0.3%; представлен тонкой (0.5–30 μm) рассеянной вкрапленностью фрамбоидальных и микрокристаллических выделений (111), развитой внутри отдельных слоев терригенных пород; часто замещает органический детрит и ходы илоедов. Характерна примесь As – 0.3 мас.%.
Пирит-2 – метаморфогенный. Встречается спорадически в количестве до 0.5–1.0%; наблюдается в терригенных породах в виде уплощенных сегрегаций (до 10x25 см) ориентированных согласно с напластованием пород. Стяжения пирита-2 сложены кубическими кристаллами (до 10–15 мм) со ступенчато-блочным рельефом. Отмечается примесь As – 0.1 мас.%.
Пирит-3 – гидротермально-метасоматический березитовый (золото-кварцевый этап); содержание в рудах 0.5–2.0% (до 5%); образует вкрапленные ореолы в контактах жил, минерализованных разломов и зон прожилкования. Представлен кристаллами (100) и их сростками с грубой параллельной штриховкой на гранях и кристаллами с комбинацией граней (100)+(210). Парагенетическая ассоциация: псевдопирамидальный и короткопризматический арсенопирит. Содержит примеси As 1.6 мас.%, Co 0.07 мас.%, Ni 0.04 мас.%.
Пирит-4 – гидротермально-метасоматический золото-полисульфидный (золото-кварцевый этап); содержание в рудах 0.1–0.2%. Образует неправильные выделения и кристаллы (210) в рудных жилах и прожилках; наблюдается во вкрапленных ореолах, где часто дорастает пирит-3 или цементирует в нём трещины. Парагенетическая ассоциация: золото, тетраэдрит, буланжерит, галенит, сфалерит, халькопирит. Характерны примеси As 0.55%, Sb 0.16%.
Пирит-5 и пирит-6 – гидротермально-метасоматические (золото-редкометалльный этап); наблюдаются в редких вкрапленных выделениях в терригенных породах, реже в микропрожилках в виде искаженных кристаллов (100). Парагенетическая ассоциация пирита-5: кобальтин, джулукулит; пирита-6: регенерированный сфалерит, герсдорфит. Химические примеси пирита-5: Co 4.99 масс%, Ni 0.38 масс%, As 1.25 масс%; пирита-6: Ni 7.36%, As 0.16%, Co 0.05%.
Пирит 1 и 2 не устанавливают какой либо связи с золотым оруденением. При маршрутных наблюдениях они легко отличаются по форме выделений и характеру пространственного размещения, которое имеет четко выраженный литологический контроль. Химический состав ранних генераций пирита близок к стехиометрическому. Состав примесей гидротермальных пиритов и их минеральные парагенезисы отражают геохимическую специфику рудообразующих растворов. Начальные стадии каждого гидротермального этапа знаменуются привнесом мышьяка (пирит 3 и 5), концентрация которого постепенно снижается к заключительным стадиям (пирит 4 и 6). В пределах золото-кварцевого (главного рудного) этапа наиболее близко в пространстве и времени к золоту отлагались пирит 3 и 4. На месторождении они наблюдаются в мощных пологих прожилково-вкрапленных ореолах и легко диагностируются по ряду характерных признаков: морфологии выделений, минеральному парагенезису, приуроченности к контактам разрывных нарушений или зонам гидротермально-метасоматической проработки. Таким образом, наиболее высокое поисковое значение на месторождении Дrajное имеет пирит 3- и 4-генерации. Пирит 5 и 6 не имеют поискового значения в силу крайне низкой встречаемости и мелких размеров выделений. Несомненный интерес представляет само наличие индикаторного для золото-редкометалльной формации парагенезиса Co- и Ni-пирита, кобальтина, герсдорфита, зигенита и регенерированных минералов раннего золото-кварцевого этапа. Дальнейшее изучение данной ассоциации на месторождении Дrajное позволит расширить представления о взаимоотношениях золото-кварцевого и золото-редкометалльного этапов рудообразования.

Рудообразующая система эпитермального золото-серебряного месторождения Радужное (Северный Кавказ)

Кайгородова Е.Н.

ИГЕМ РАН, katmsu@mail.ru

Рудопроявление Радужное было открыто в 1975 году в ходе поисковых работ на золото в Хуламо-Безенгийском ущелье республики Кабардино-Балкария. В геологическом строении выделяется два структурных этажа: фундамент (граниты палеозоя) и юрские осадочно-вулканогенные образования. Юрский вулканизм представлен образованиями ааленской базальт-риолитовой и байосской базальт-порфирит-трахитовой формациями. Возраст вулканитов точно не установлен и определяется разными авторами от нижнего тоара до среднего байосса. С эпимагматическим этапом становления риолитов связывается широкое развитие процессов окремнения и окварцевания вмещающих пород, меньше их карбонатизация и баритизация, а также широкое проявление щелочного метасоматоза – содержание калия достигает 11–12% (Мезенина, Аксаментов, 1982). Район приурочен к глубинному субширотному Саурданскому разлому, к которому тяготеют аппараты юрского вулканизма и золото-серебряные и полиметаллические рудопроявления района.

Золотое оруденение развито в различных геологических образованиях: риолитах, кварцитах, роговиках, брекчиях. Содержания достигают Au до 215 г/т, Ag до 4000 г/т (Стативкин, Стативкина, 1976). Рудопроявление приурочено к гранитному выступу и зонам интенсивного брекчирования. Блоковые движения начались в ранней юре. Активная тектоно-магматическая активизация и вулканизм (максимально проявленный на территории Малого Кавказа) связаны с закрытием океана Тетис и субдукцией андского типа. Выходы золотоносных брекчий образуют рудную полосу, которая дугообразно окаймляет с севера приподнятые гранитные блоки фундамента. Состав брекчий довольно разнообразен – обломки метасоматически измененных риолитов аалена, осадочных образований тоара и аалена. Брекчии в различной степени изменены в процессе газо-гидротермальной деятельности, проходившей в основном в аалене и меньше в байоссе. Брекчированные, карбонатизированные и окварцованные породы Радужного на всех коренных выходах имеют повышение содержания благородных металлов, но промышленные их концентрации приурочены к участкам пересечения брекчий с разломами северо-западного простирания. Являются ли последние рудоподводящими или рудовмещающими структурами пока остается невыясненным. Из рудных минералов выделены самородное золото, калаверит, дискразит, прустит, сульфиды (Стативкин, Стативкина, 1976). Участкам Au-Ag оруденения сопутствует барит. В нижней части брекчий увеличивается содержание пирита и появляется галенит, сфалерит, халькопирит. Золото и серебро находятся в тонкодисперсном состоянии в сульфидных.

Выводы. Киммерийская рудномагматическая система формировалась в условиях рифтогенеза в задуговом бассейне. Рудогенерирующей системой является субвулканический хуламский комплекс. Повышенная золотоносность пород фундамента обеспечивает под воздействием юрского магматического очага мобилизацию рудного вещества и переотложение его в тектонически ослабленных зонах в юрском осадочном чехле. Аргиллиты сыграли роль геохимических и термодинамических «экранов», приводящих к разгрузке напряжений и образованию эксплозивных брекчий. При быстром падении давления и температуры разгрузка металлоносных растворов происходила непосредственно в пределах вулкано-тектонических структур. Золото-сульфидные и золото-серебряные объекты пространственно сближены и локализируются в пределах единого рудного поля. Они формируются, видимо, в результате развития единой рудномагматической системы и связаны стадийными соотношениями продуктивных ассоциаций: более ранние золото-пиритовая и полиметаллическая в нижних уровнях среза, а более поздняя золото-серебряная ассоциация – в верхних.

Литература

Мезенина Т.Н., Аксаментов Е.В. Отчет партии №4 о результатах детальных поисков близповерхностного золото-серебряного оруденения на участках Кишлык-Су, Кардан, Правобережный и зоне II Безенгийского рудного поля за 1979–1982 гг., Нальчик, 1982.

Стативкин Э.В., Стативкина А.А. Справочные материалы по перспективам золотоносности территории КБАССР. Нальчик, 1976.

Об источниках металлов в колчеданных месторождениях южного склона Большого Кавказа

Керимов Р.Б.

ИГНАН Азербайджана, anrugo@rambler.ru

Исследователями Южного склона Большого Кавказа отмечалось, что парагенетическая связь медно-пирротинового оруденения с магматизмом региона более достоверна, тогда как связь колчеданно-полиметаллического оруденения с магматизмом менее определена, тем не менее, она предполагается. Действительно, месторождения медно-пирротиновой формации, в отличие от колчеданно-полиметаллической, тесно ассоциируют с магматическими телами, которые несут определенные признаки геохимической специализации. Возможно, близостью магматических тел в Кацдагском месторождении объясняется кристаллизация кварца и руда при температурах 340–165 и 270–235°C соответственно (по данным гомогенизации и декрепитизации), что значительно выше, чем в Филизчайском месторождении (150–120 и 130–65°C соответственно), могут быть связаны с удаленностью его от магматитов.

Есть мнения, формирование Филизчайского типа месторождений происходило в локальных впадинах, в результате осаждения рудного вещества из рудных рассолов, источником которых являлись неглубоко расположенные магматические очаги. Сторонники данной концепции, отводя роль в рудообразовании приповерхностным магматическим очагам допускают, что в случае заполнения этих приповерхностных магматических очагов водонасыщенными расплавами, они одновременно могут и поставлять металлоносные магматические флюиды. В противоположность этому, эволюционная концепция отводит решающую роль в формировании гидротермальных систем глубинным процессам, происходящим в мантийных и коровых магматических очагах.

Высокие концентрации рудных элементов (Cu, Pb и др.) в кислых породах андезит-дацит-риолитовой формации южного склона Большого Кавказа и тренды изменения концентраций этих элементов в первичных расплавах кислых вулканитов свидетельствуют о рудогенерирующей роли кислых магм. При этом, в процессе эволюции рудно-магматической системы ранние высокотемпературные порции гидротермальных растворов были обогащены Cu, а поздние с меньшими температурами – Pb. Относительно поздний характер галенитовой минерализации по отношению к серноколчеданной, в меньшей мере, к медноколчеданной установлен на месторождениях Кацдаг, Джихих, а также Филизчай.

Многочисленные данные исследования изотопов серы сульфидов данных месторождений свидетельствуют о ювенильном источнике рудного вещества. При этом установлена зональность в распределении типов месторождений, выраженная сменой медно-пирротинового оруденения в центральной, осевой зоне глубоководного трога, через смешанное медно-пирротинное с колчеданно-полиметаллическим, затем колчеданно-полиметаллическим, а на самой периферии – жильным полиметаллическим.

Полученные данные изотопного состава свинца свидетельствуют о близости источников свинца к структурам, формирующимся в условиях сближения плит – субдукции. По изотопной характеристике аргона в ГЖВ кварца из рудных образований этой зоны также показало, что это продукты необедненной мантии, характерной для зон горячих пятен (точек) мантии. В них значение Ar (40/36) до 300–450, в то время как для обедненной мантии, в зонах растяжения, эти величины доходят до 25000. Для промышленных объектов (Кизил-Дере, Филизчай) характерный изотопный состав свинца, может быть, позволяет дать общую перспективную оценку других рудных объектов с подобным изотопным составом свинца.

Вышеприведенные аргументы показывают, что источником рудного вещества в пределах южного склона Большого Кавказа преобладающе служили мантийные магматические расплавы. Перенос рудных компонентов в гидротермальных растворах осуществлялся, преимущественно, в виде комплексных химических соединений, в том числе хлоридных, фторидных, гидросульфидных и карбонатных. Разложение комплексов при снижении температуры, падении давления, нейтрализации растворов, а также в ходе эволюции их щелочности, приводило к осаждению рудных компонентов.

Рудогенерирующий потенциал мезопротерозойского магматизма Южного Урала и востока Русской плиты

Ковалев С.Г., Ковалев С.С.

ИГ УНЦ РАН, kovalev@ufaras.ru

Согласно современным геодинамическим построениям западный склон Южного Урала в мезопротерозое являлся частью континента Волго-Уралии и Балтики и развивался совместно с современной восточной частью Русской плиты. Как установлено проведенными исследованиями, практически все известные золото-сульфидные и золото-кварцевые месторождения и рудопроявления западного склона Южного Урала приурочены к терригенным породам, которые прорываются интрузивными телами основного состава. Генетические условия образования этих объектов на сегодняшний день изучены явно недостаточно. Одной из важных нерешенных проблем является вопрос об источнике рудного вещества и механизмах рудогенного минералообразования. В связи с этим был изучен рудогенерирующий потенциал пикритового и пикродолеритового магматизма, распространенного на западном склоне Южного Урала и прилегающей части Русской плиты как представителя мантийных образований, характеризующего не только геодинамический режим развития территории, но и определяющий металлогеническую специализацию структурно-вещественных комплексов региона.

Детальный анализ минералого-геохимических данных по металлогенической специализации интрузивного магматизма западного склона Южного Урала и прилегающей части Русской плиты позволяет сделать следующие выводы:

- значительный разброс значений Ni/Cu отношения (от 0.021 до 58.23, от поля коматиитов до поля излившихся базальтов на диаграмме Pd/Ir–Ni/Cu) свидетельствует о более чем 20% плавлении первичного мантийного субстрата, сформировавшего пикритовые и пикродолеритовые комплексы и слабой дифференцированности первичного расплава по отношению к рудогенным элементам, а пониженное значение Pd/Ir отношения (от 1.04 до 6.83) в базальтоидах определяет сидерофильную направленность благороднометальной специализации магматических пород;

- смещенность тренда южноуральские пикриты → базальты по отношению к генеральному тренду парциального плавления (базальты → пикриты → коматииты), может свидетельствовать об удалении из расплавов части рудогенных элементов флюидной фазой, которая формирует благороднометальную геохимическую специализацию терригенных пород в верхних этажах континентальной коры южноуральского региона;

- по сравнению с норильскими базальтами и пикритами и рассчитанными составами первичных магм Бушвельда южноуральские пикриты и базальты обогащены сульфидной и платинометальной составляющей, что свидетельствует об их значительном рудогенерирующем потенциале;

- предварительный анализ генезиса сульфидной минерализации показывает, что первично она была представлена твердыми растворами (mss), которые, при дальнейшем эволюционном развитии системы, распадаются на сульфидные фазы (пентландит, халькопирит, линнеит-полидимит, кобальтин и др.) + PGM, обнаруженные при минераграфических и микрозондовых исследованиях в пикритовых и пикродолеритовых комплексах.

Подводя итог вышеизложенному материалу, следует констатировать, что геохимическая специализация интрузивных базитовых и базит-гипербазитовых комплексов западного склона Южного Урала и прилегающих частей Русской плиты и ее вариации при дифференциации первичных расплавов в промежуточных камерах свидетельствуют о значительном рудогенерирующем потенциале этого типа магматизма. Общая «сидерофильность» специализации может служить объяснением наличия многочисленных аномальных содержаний золота (с постоянным присутствием платины), выявленных в терригенных породах региона.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки (Соглашение № 8358).

Модель концентрирования рудных металлов при формировании крупного золотоносного Бугдаинского Мо-порфирирового месторождения (Восточное Забайкалье, Россия): Результаты численного моделирования

Коваленкер В.А., Акинфиев Н.Н., Киселева Г.Д., Крылова Т.Л.

ИГЕМ РАН, kva@igem.ru

Введение

Геологическое строение, минералогия, геохимия и условия формирования руд, включая связи с магматизмом, флюидный режим, источники флюидов и металлов, были изложены ранее в (Коваленкер и др., 2011). Здесь рассматривается модель рудообразующего процесса, основанная на результатах численного моделирования.

Методология

Были рассмотрены равновесия в мультикомпонентной (Ag-Al-As-Au-C-Ca-Cl-Cu-Fe-H-K-Mg-Mo-Na-O-Pb-S-Si-W-Zn).

Сценарий

Магматический флюид, который был равновесен с риолит-порфиром Бугдаинского штока при $T = 550^{\circ}\text{C}$ и $P = 1500$ бар, «растекается» в стороны, взаимодействуя с вмещающим гранитом Ундинского массива на фоне понижения температуры. При каждой новой более низкой температуре с породой взаимодействует флюид, пришедший из предыдущей более высоко-температурной зоны. При этом, к содержащему рудные компоненты магматическому флюиду, который поступил в данную точку, подмешивается «метеорная вода», равновесная с вмещающим гранитом. Количество «метеорной воды» экспоненциально увеличивается от 0.1 (при $i = 1$) до 10 (при $i = 35$) по мере снижения температуры. Процесс такого взаимодействия повторяется N раз и каждая новая порция флюида взаимодействует с уже изменённой на предыдущей стадии породой.

Результаты

Результаты термодинамических расчетов показывают, что взаимодействие новых порций («волн») магматического флюида с породами и метеорными водами приводит к появлению стационарных зон отложения минералов. Формирование самородного Au происходит в низкотемпературной зоне ($T < 250^{\circ}\text{C}$), арсенида – в относительно высоко-температурной области ($350 < T < 420^{\circ}\text{C}$), электрума – в интервале ($220 < T < 270^{\circ}\text{C}$), а самородного Ag – при $T < 220^{\circ}\text{C}$. Основное накопление Cu, Zn и Pb в виде халькопирита, сфалерита и галенита происходит в интервале от ~350 до 250°C . Область отложения вольфрамита ограничена высокими температурами, а область отложения молибденита протягивается в более низкотемпературную область. Эти результаты полностью соответствуют данным минералогического изучения руд Бугдаинского месторождения.

Заключение

Выполненное термодинамическое моделирование показывает, что охлаждение рудоносного флюида, имеющее место при его смешении с метеорными водами, может являться фактором рудообразования и накопления рудного компонента в определенных пространственных зонах вмещающих месторождение пород.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 13-05-00622-а и 13-05-12043-офи-м.

Литература

Коваленкер В.А., Киселева Г.Н., Крылова Т.Л., Андреева О.В. Минералогия и условия образования золотоносного W-Mo – порфирирового Бугдаинского месторождения, Восточное Забайкалье, Россия // Геология рудн. месторождений. 2011. Т.53. №2. С.107–142.

Изотопный состав и вероятные источники серы докембрийских золоторудных месторождений

Косовец Т.Н.

ФГУП ЦНИГРИ, bm@tsnigri.ru

Докембрийские месторождения золота, локализующиеся в структурах зеленокаменных поясов древних щитов и протоплатформенных комплексов, разнообразны по обстановкам формирования, формационным типам (нередко – проблематичным) и параметрам изотопного состава серы руд. Общий диапазон значений $\delta^{34}\text{S}$ проанализированных объектов (12) достигает 26‰. Золото-кварцевый тип, представленный месторождениями в зеленокаменных поясах Барбертон, Ю.Африка; Лавертон и Уилуна-Норсмен, Зап. Австралия; Колар в Индии, имеют диапазон значений $\delta^{34}\text{S}$ чуть более 10‰ (от -5 до +5 (6) ‰), с модальными значениями $\delta^{34}\text{S}$ вблизи нулевой отметки (-3, 0, +3‰). Месторождения золото-сульфидного типа, включающего Вернер Лейк в метаосадочном террейне провинции оз. Верхнего, Канада; Педролампи и Оленинское в зеленокаменных поясах Балтийского щита, объединенные диапазоном серы от -10 до +8‰, различаются по распределению $\delta^{34}\text{S}$ внутри этого диапазона: первые два тяготеют к группе месторождений с околонулевыми значениями $\delta^{34}\text{S}$, тогда как преобладающие значения $\delta^{34}\text{S}$ Оленинского располагаются преимущественно в области легкой серы (-6‰). Золото-сульфидно-кварцевый формационный тип (Калгурли, Зап. Австралия; частично – руды Колар(а); Гьянт, Йелоунайф, Канада, стратиформное месторождение Хемло, Абитибиде, Канада), характеризуется преобладающей ролью легкой серы в составе сульфидной составляющей, как по ширине диапазона ее значений, так и приуроченностью к нему модальных интервалов (Калгурли, от -10 до +4‰, с модальным интервалом от -7 до -5‰), Колар от -5 до +4‰, с незначительным перевесом легкой серы). Диапазон изотопов серы Хемло, состоящий из значений $\delta^{34}\text{S}$ преимущественно легкой сульфидной серы (от -16 до +7‰) и тяжелой сульфатной (от -3 до +18‰) – унимодален (-6, -1, +1‰ для сульфидной и +8‰ – для сульфатной серы). Золото-железисто-кварцевое месторождение Хоумстейк в метатерригенном протогеосинклинальном комплексе, перекрывающем восточное погружение зеленокаменного пояса Абитибиде; имеет диапазон $\delta^{34}\text{S}$ от +5 до +10‰, соответствующий сере вмещающего разреза.

В целом докембрийские золоторудные месторождения зеленокаменных поясов соответствуют группам с относительно узким (4–8‰) и расширенным (10–14, до 16‰) диапазонами значений изотопного состава серы руд. Достаточно близкая картина распределения $\delta^{34}\text{S}$ наблюдается и для фанерозойских золоторудных месторождений, связанных с интрузивами габбро-диорит-гранитного состава, имеющих мантийные корни. По сравнению с фанерозойскими, докембрийские месторождения характеризуются сокращенным интервалом тяжелой серы, что может быть связано с потерей части ее при метаморфизме.

Подавляющее большинство значений изотопного состава серы докембрийских месторождений размещается в области $-5 \div +5\text{‰}$, а модальные значения – в еще более узкой, что обусловлено тесным взаимодействием между магматическим материалом и гидротермальным раствором. Распространение величин $\delta^{34}\text{S}$ на область отрицательных значений объясняется механизмами неорганического восстановления морского сульфата в геотермальной системе (Хемло), прогрессивным окислением рудного флюида в процессе его отделения (Калгурли); известна интерпретация с участием серы биогенного происхождения (некоторые докембрийские колчеданные и медные месторождения, Гриненко, 1975).

Для докембрия популярна интерпретация изотопных данных с точек зрения отсутствия кислорода в атмосфере Земли и сульфат-редукции – в океане. Однако эти вопросы становятся все более дискуссионными (Бергман, 2008).

Литература

Бергман И.А. Могут ли признаки фракционирования изотопов сульфидной серы осадочно-метаморфических формаций раннего докембрия свидетельствовать о появлении свободного кислорода в атмосфере Земли? // Отечественная геология. 2008. № 1. С.61–68.

Гриненко Л.Н., Гриненко В.А. Источники серы в докембрийских породах и рудах. В кн.: «Проблемы осадочной геологии докембрия». М., «Наука», 1975. Вып.4. Кн.2. С.124–131.

Типоморфические признаки золото-пиритовой и золото-пирит-арсенопиритовой рудных ассоциаций месторождения Вернинское, Бодайбинского рудного района.

Котов А.А., Мурашов К.Ю.

ИГЕМ РАН, kotovaleksey@gmail.com, kostik.mur. @mail.ru

Бодайбинский рудный район, расположенный в Ленской золоторудной провинции, известен уже почти 200 лет своими золотыми месторождениями. За всю историю освоения было добыто более 2000 т россыпного золота и к настоящему моменту разведаны более 2500 т коренного. Коренные месторождения района представлены прожилково-вкрапленным и жильным типами руд, залегающими в черносланцевых породах верхне-протерозойского возраста, с золото-кварцевым, золото-пиритовым и золото-пирит-арсенопиритовыми геолого-промышленными типами руд. В этом районе расположено самое крупное месторождение в России – Сухой Лог. Исследуемое месторождение Вернинское расположено в 10 км от месторождения Сухой Лог, относится к крупным и имеет схожие условия образования.

В настоящее время месторождение Вернинское – близко к крупным и вероятно является таковым, перспективным, если учесть оценки неподсчитанных и не разведанных запасов в слепом рудном теле, которое было, к настоящему времени, подсечено несколькими скважинами на глубине 250–550 м.

Вкрапленная пиритовая минерализация широко распространена в Бодайбинском районе. Наличие вкрапленного пирита давно используется геологами в этом районе как благоприятный признак при оценке перспектив золотоносности тех или иных участков. Распространение различных типов метакристаллов пирита обусловлено различной проницаемостью вмещающих пород (Шер и др., 1962) и поэтому может служить косвенным признаком, указывающим на условия распространения золота.

Как известно, морфология метакристаллов, может помочь для выявления районов приуроченным к зонам повышенного содержания, с этой целью были проведены изучения кристаллов пирита и арсенопирита месторождения Вернинское. В первую очередь стоит отметить о присутствии пентагон-додекаэдрических монокристаллов пирита в зоне Первенец. Ранее исследователями было выявлено, что метакристаллы пентагон-додекаэдрического пирита имеет существенное значение при выявлении золотоносных кварцевых жил, а поздняя пиритизация, связанная с повышенно золотоносными жилами, возможно, объясняется общностью процесса образования (Шер и др., 1962).

Как и большинство месторождений золота Бодайбинского района, месторождение Вернинское представлено несколькими генерациями пирита. Но на данный момент главная промышленная ассоциация, это вкрапленность и гнездовые скопления крупных кристаллов пирита и арсенопирита. Чаще всего эта минеральная ассоциация встречается в приразломных зонах, с сильно деформированными породами подверженными будинажу. Эта минеральная ассоциация сопровождающиеся кварцевыми оторочками, а также кварц-пиритовыми маломощными прожилками, которые часто встречаются в виде линзовидных скоплений. По краям этих линз расположены, в распыленном виде, тонкие «диагенетические» кристаллики пирита, а к центру линзы происходит сосредоточивание множества центров кристаллизации, приводя к образованию агрегата крупных кристаллов. В пирите этой группы, реже в арсенопирите, часто присутствуют микровключения и микропрожилки представленные галенитом, сфалеритом, халькопиритом, часто сопровождающиеся самородным золотом. Присутствие золота обнаруживается почти во всех генерациях пирита, но в основном, данная ассоциация имеет промышленное значение, из-за нахождения в ней самородного золота в свободном или вкрапленном виде.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №13-05-00084.

Литература

Шер С.Д., Демченко А.В. О значении исследований формы метакристаллов пирита для поисков золоторудных месторождений в Ленском районе // Геология рудных месторождений. 1962. №4. С.85–96.

Особенности пострудного процесса консервации экзогенно-эпигенетических месторождений урана Хиагдинского рудного поля, Витимский район, Бурятия

Кочкин Б.Т., Тарасов Н.Н., Нестерова М.В.

ИГЕМ РАН, *btk@igem.ru*

Феномен вторичного восстановления зоны пластового окисления (ЗПО) был выявлен Е.М. Шмариовичем (1970). Он является следствием консервации экзогенной инфильтрационной рудообразующей системы в результате поступления в рудовмещающий горизонт вод глубоких горизонтов. При этом в рудовмещающих горизонтах фиксируются осветление пород ЗПО, сопровождаемое выносом железа, а также появлением новообразованного сидерита в прилегающих сероцветах.

Авторы изучали перераспределение железа на месторождениях Хиагдинского рудного поля (ХРП). К особенностям этих месторождений необходимо отнести наличие рудных концентратий не только в сероцветных породах, как это должно следовать из теории экзогенного эпигенетического рудообразования, но и в части прилегающих к ним осветленных пород. Считается, что осветление пород ЗПО на витимских месторождениях связано с поступлением из подстилающего фундамента холодных (до 10°C) газифицированных углекислых вод (Машковцев и др., 2010).

Среди осветленных пород авторы выделили, те, которые не подвергались ранее окислению. Если во вторично восстановленных породах обнаруживаются только окисленные и разложившиеся углистые остатки, то в осветленных сероцветных породах, углистые остатки сохраняются, но их гораздо меньше, чем в сероцветах. Переотложение железа выражается в виде скопления рыхлых ярко-рыжих гидроксидов железа, секущих любые проявления слоистости, в развитии сидеритового цемента, часто в ассоциации с гидроксидами железа.

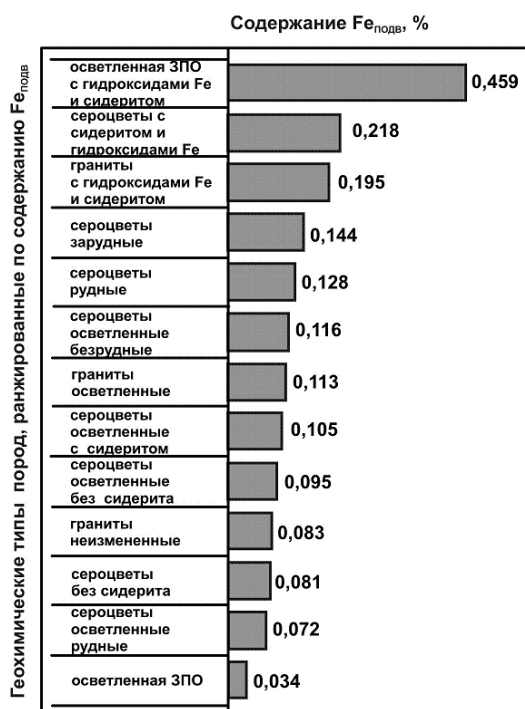


Рис.1. Гистограмма распределения $\Sigma Fe_{подв}$ в различных геохимических типах пород месторождений ХРП.

Литература

Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К. и др. Уран российских недр. М.: ВИМС, 2010.

Шмариович Е.М. Концентрации редких элементов, связанные с кислородной пластовой зональностью водоносных горизонтов // Состояние и задачи советской литологии. Т.2. М.: Наука, 1970. С.180–189.

Осветление наблюдается также в выветрелых и неизменных гранитах фундамента. Это позволяет объединить явления осветления пород в фундаменте и рудовмещающем осадочном чехле в один процесс.

Результаты статистического анализа данных количественного определения валентных форм $Fe_{РАСТ}$ очевидно подтверждает, что известный для месторождений ХРП феномен осветления рудовмещающих пород хорошо объясняется процессом перераспределения железа в восстановительной бессероводородной обстановке на пострудной стадии. Вынос железа из одних участков рудовмещающего пласта сопровождался его осаждением в других участках в форме гидроксидов Fe или/и сидерита (рис.1). Область осветленных пород оказалась шире, чем область вторично восстановленных. В результате исходная рудоконтролирующая зональность была замаскирована, а часть рудных тел оказалась в осветленной зоне.

Нетрадиционные редкометалльные месторождения: генезис, прогноз, освоение

Кременецкий А.А.

ИМГРЭ, *imgre@imgre.ru*

Характеризуются новые нетрадиционные легкоосваиваемые редкометалльные объекты, способные оперативно обеспечить потребности России в дефицитном и стратегическом сырье.

Иттриевоземельные аргиллизиты Приморья – один из эффективных источников редкоземельных металлов (РЗМ) как альтернатива китайским «ионным» глинам, обеспечивающим в настоящее время 60% запасов и 90% добычи РЗМ в мире. В этих рудах РЗМ присутствует преимущественно в сорбированной форме, но в приморских аргиллизитах, в отличие от китайских глин (кор выветривания), руды имеют гидротермальное происхождение и, наряду с сорбиционными формами РЗМ, содержат и собственные РЗМ-минералы (кимураит, локкаит, Nd-лантанит (Середин и др.2009)). Описываемые руды (с прогнозными ресурсами категории P_2 – 20 тыс. т) локализованы в древних углеродистых вулканично-терригенных сланцах, прорванных (и одновременно аргиллизированных) позднекайнозойскими дайками базальтов. Среднее содержание РЗМ и Y в аргиллизированных вмещающих породах – 0.21 и 0.13%, в аргиллизированных базальтах – 0.37 и 0.25%; максимальное содержание Y в рудах с собственными РЗМ-минералами – 1.02 %, что соответствует и превышает таковые (0.20 и 0.13%) в «ионных» глинах Китая. Предполагается, что формирование приморских РЗМ-аргиллизитов происходило под влиянием близкоповерхностных низотемпературных гидротермальных иттриевоносных растворов, связанными с кайнозойским базитовым вулканизмом; источником легких пантоноидов могли быть продукты выщелачивания вмещающих толщ нагретыми метеорными водами. По данным минералого-технологических исследований собственные РЗМ-минералы (0.2–2.5 отн.%) сосредоточены в крупных (0.5–2.0 мм) классах, а сорбированные формы РЗМ (50 отн.%) – в классе < 0.07 мм (шламы) и по спектру РЗМ близки к «ионным» рудам. Разработана и опробована технология отдельного выщелачивания РЗМ-аргиллизитов: на первом этапе (обработка NaCl) извлечение сорбированных форм РЗМ, на втором – (обработка HCl) извлечение оставшейся части РЗМ. Суммарное извлечение концентрата оксидов РЗМ – 98–99% от исходного объема руды.

Re-Mo-U руды пластово-инфильтрационного типа – альтернативный источник попутного Re в месторождениях Cu-Mo-порфиروهого семейства. На территории России Re-Mo-U руды развиты в Забайкальской, Зауральской и Подмосковной провинциях; последняя наиболее перспективна с суммарными прогнозными ресурсами Re в сотни тонн. Месторождения здесь локализованы в терригенных толщах C_1 ; среднее содержание Re в продуктивных горизонтах (20–50 м) – 1–3 г/т. Они приурочены к региональным субширотным разрывным нарушениям в докембрийском фундаменте, контролирующим поступление в чехол глубинных металлоносных растворов. Выявлена тенденция накопления Re (г/т): глинистый цемент (до 6.3), сульфидный цемент (до 7.7), ультратонкая фракция сульфитов (до 13.0) и ультратонкая фракция угля (до 30.0). Диагностированы следующие формы выделения Re: собственные фазы Re_2 , O_7 , ReS_2 , Ca (ReO_4); примеси (0.1–0.5%) в других минералах (розазит, настуран); продукты сорбции на глинистом веществе; скопления наноагрегатов Re в ультратонкой сульфидно-углеродистой матрице (Кременецкий и др. 2011). Намечена последовательность и условия формирования Re минерализации на до-, син- и позднерудном этапах. В 2011–2012 гг. на Бельском месторождении специалисты ИМГРЭ апробировали технологию подземного выщелачивания Re (с различными окислителями) по способу Push-Pull с откачкой растворов через сорбиционную колонну. Степень извлечения Re и U составила 50–80%; получен конечный продукт – аммоний рениевокислый (62.1% Re).

Литература

Кременецкий А.А., Лунева Н.В., Куликова И.М. Бельское месторождение Re-Mo-U месторождение: минералого-геохимические особенности, условия формирования, технология извлечения рения. Разведка и охрана недр. 2011. №6. С.33–41.

Середин В.В., Кременецкий А.А., Трач Г.Н., Томсон И.Н. Новые данные об иттриевоземельных рудах с ураганскими концентрациями РЗЭ. ДАН. 2009. Т.42. №3. С.378–383.

К вопросу о генезисе хромитовых руд

Кузьмин И.А.

ОАО «Красноярскгеолсъёмка», *kyigan@yandex.ru*

Генезис хром-платиноидного оруденения в гипербазитовых массивах разных районов Мира, несмотря на многолетние интенсивные исследования, до сих пор остается одной из нерешенных проблем рудной геологии и петрологии. Тесная ассоциация, повторяющаяся в пространстве и во времени, данного типа оруденения с дунитами, позволяет рассматривать его как неотъемлемый атрибут становления дунит-перидотит-габбровых комплексов. С другой стороны, структурные, минералогические и химические особенности оруденения часто свидетельствуют о независимой эволюции руд от дунитов, по крайней мере, на заключительных этапах их образования.

При проведении поисково-оценочных работ в пределах Агардагского гипербазитового массива (юго-западная Тува) установлены факты, позволяющие говорить о флюидизатном характере концентрации хромитовых руд. Характерной особенностью массива является локализация хромитовых руд в дайкообразных телах хлорит-карбонат-серпентинитового состава с секущими контактами и мощностью до 20 м. Иногда породы (руды и серпентиниты) насыщены вкраплениями пакетов флогопита, что говорит об участии в процессе флюидных растворов. Рудные тела представляют собой амебообразные обособления (нодулы) размером около 5×3 м и глубиной до 8 м. Реже встречаются непротяженные жилы (10–40 м) мощностью от 0.5 до 2.5 м.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- Основной процесс хромитообразования на Агардагском массиве носит эпигенетический характер по отношению к вмещающим гипербазитам и связан с возгонами агрессивных флюидов, под воздействием которых образуются низкотемпературные жидкие растворы – флюидизаты.

- Источником агрессивных флюидов является дегазирующий астеносферный субстрат. Из продуктов дегазации в условиях относительно холодной литосферы происходит синтез и конденсация водородных соединений, в том числе и различных кислот. В условиях повышенных температур возможно образование серной кислоты с температурой кипения при атмосферном давлении – 300°C. Воздействие агрессивных флюидов приводит к растворению пород вмещающей рамы в промежуточных камерах (в трещинно-пористых средах глубинных разломных зон). В дальнейшем происходит нейтрализация кислотной составляющей и гидролиз частиц взвеси ($4\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 2\text{H}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{OH} = \text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8 + 2\text{MgCO}_3$; $6\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6] + 2\text{H}_2 + 6\text{CO}_2 + 4\text{OH} = \text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8 + 6\text{CaCO}_3 + 8\text{SiO}_2$), образуя большие массы серпентина.

- Концентрация хромита происходит вследствие плотностной дифференциации или холодной ликвации растворенного субстрата гипербазитов в промежуточных камерах трещинно-пористой среды тектонических зон. Эксплозивно-инъективная природа стволых и дайкообразных тел рудоносных серпентинитов жильного типа является, скорее всего, результатом выдвигания низкотемпературных ($\geq 300^\circ$) образований по трещинным каналам при тектонических подвижках.

- Обогащению хромшпинелидов трехокисью хрома (до 70%), скорее всего, способствует диссоциация карбидов хрома под воздействием флюидных возгонов.

- Образование гнездово-шлирового оруденения магматического генезиса возможно только за счет прохождения интрузивных расплавов сквозь ранее сформированные рудные скопления флюидизатного или метасоматического генезиса. Дунитовая оторочка, сопровождающая рудные тела на месторождениях Урала, вероятно, является продуктом десерпентинизации флюидизатных серпентинитов при термальном воздействии.

Такой подход снимает многие противоречия как магматической, так и метасоматической (флюидизатной) концепций.

Au-pd-cu-se-u-минерализация рудопоявления Светлое, Карелия

Кулешевич Л.В., Лавров О.Б.

ИГ КарНЦ РАН, kuleshev@krc.karelia.ru; petrlavrov@yandex.ru

Рудопоявление Светлое находится в пределах палеопротерозойской Кумсинской структуры центральной Карелии. Оно было обнаружено А.В. Булавиным и разведывалось в 80–90-х годах прошлого века ГПП «Невскгеология». Cu-Se-U-оруденение этого проявления локализуется в небольших линзах вблизи контакта измененных карбонатных пород с ятулийскими базальтами (PR₁ jt₂, 2.1 млрд. л.) и сопровождается щелочным метасоматозом. Возраст альбититов, развитых на участке – 1.46–1.49 млрд. л., околорудных метасоматитов по ятулийским карбонатным породам – «промежуточный» 1.7–1.6 млрд. л. (Rb-Sr-метод).

Мощность рудного тела 0.3–1 м, длина – несколько десятков метров, протяженность зоны 420 м. Оруденение содержит U 2.16 %, Cu 2.7 %, Ag 99 г/т, Pb 1.45 %, Bi до 0.03 %, V 0.1 %, Cr 0.1 %, As – 0.01 %, Y – 0.07 %, Pt – 1.1 г/т, Pd – 1.3 г/т. В рудном теле по бороздовым пробам было установлено среднее содержание Au 1 г/т на 0.3 м, максимальное 27 г/т (Металлогения..., 1999); в его ореоле, в пирит-актинолит-карбонатных околорудных метасоматитах – 0.01–0.05 г/т. Концентрации некоторых элементов по метасоматической колонке приведены в табл. (данные авторов, Кулешевич и др., 2011).

Содержания элементов в рудах и метасоматитах уч. Светлое (ppm)

| № | Cr | Mn | Co | Ni | Zn | Ag | Pb | Bi | Se | Y | ΣREE |
|---|--------|--------|-------|-------|------|------|--------|-------|---------|-------|-------|
| 1 | 6.9 | 607.3 | 60.97 | 14.85 | 29.5 | 0.24 | 3.9 | - | - | 23.6 | 151 |
| 2 | 1695.5 | 2305.3 | 23.87 | 8.34 | 34.5 | 1.86 | 32.9 | 12.66 | 19.03 | 358.8 | 590.4 |
| 3 | 1228.7 | 2327.3 | 19.87 | 5.4 | 10.7 | 4.33 | 4439.8 | 10.12 | 1562.02 | 210.8 | 457.3 |

Примечание. ICP MS-анализ выполнен в ИГ КарНЦ РАН. 1 - околорудные амфибол-пирит-карбонатные метасоматиты; 2 - рудная хлорит-карбонатная зона; 3 - Cu-Se-U-оруденение.

Вблизи выхода рудной зоны на поверхность в карбонатной толще образовалась зона бордовых карбонатов: в ней Fe-доломит замещается кальцитом, обильно выпадает гематит, гетит, появляются радиоактивные минералы. В рудной зоне развиты слюдисто-хлоритовые минералы (с повышенными концентрациями Cr, V), зональные почки селенидов: срастания клаусталита, U-минералов, гематита. Рудная минерализация сопровождалась привнесением Se, Cu, Pb, при дефиците S. Вблизи поверхности широко развиты окисленные ассоциации, оксиды Fe, минералы с REE. Форма выделения ранних минералов – прожилковая, у более поздних ассоциаций – натечная, в виде шариков, почеч, веточек, зональных срастаний, игольчатая. Среди сульфидов присутствуют халькопирит, реже галенит, борнит, при окислении по ним образуются халькозин, оксиды меди, а также барит и карбонаты. Селениды представлены клаусталитом, Fe-эвкайритом Ag(Cu,Fe)Se, реже лайтакаритом, умангитом. В ассоциации с халькопиритом и селенидами отлагалось самородное золото-1 (неправильные зерна размером 30–40 мкм), реже Cu-Au-фазы. В зоне окисления образовались «шарики» размером 10–30 мкм, представленные срастанием Au-Pd-фаз: тонкодисперсными минералами Pd (Au-содержащий палладсеид, Au-изомертиит и Au-Pd-As-Sb фазы, порпечит) и золотом-2. Золото 1 и 2-ой генераций содержит ~5–12 % Ag. Все эти минералы обеспечили повышенные концентрации благородных металлов в рудах и позволили данный объект отнести к Au-Pd-Cu-Se-U-Fe-окисному типу. Минерализация проявления Светлое подобна рудам месторождения Средняя Падма в Онежской структуре. Кроме того, этот Au-Pd-Cu-Se-U тип руд, с высоким содержанием REE, можно сравнивать с оруденением месторождения Олимпик-Дэм, сформировавшимся под влиянием щелочных растворов в несколько иной геологической среде.

Литература

Металлогения Карелии / Ред. Рыбаков С.И., Голубев А.И. Петрозаводск. 1999. 340 с.
Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Дмитриева А.В. Геологическое строение Cu-Pb-Au-Pd-Se-U рудная минерализация Кумсинской структуры // Геология и полезные Карелии. Петрозаводск. 2011. Вып.14. С.127–145.

Золото в шунгитах

Куликова В.В.¹, Калинин Ю.К.², Куликов В.С.¹, Терновой А.Н.¹

¹Институт геологии Карельского НЦ РАН, vkulikova@yandex.ru;

²ООО НПК "Карбон-Шунгит", shungitnprk@onego.ru

На микроанализаторе «INCA Enerdgy 350» на базе сканирующего электронного микроскопа «VEGA II LSH» в ИГ Карельского НЦ РАН в 2009 г. был изучен образец размером 3x1x1см шунгита (по разным авторам, шунгит-1, высший антракосолит и др.) из района дер. Шуньга (Онежская., 2011 и др.). Макроскопически на свежем сколе это блестящее черное углеродистое вещество с раковистым изломом аморфной (стекловатой) структуры, ограниченное матового цвета плоскостями, напоминающими грани кристалла. Сканирование этой поверхности обнаружило в ней сложные формы цветов интерференции, обусловленные внутренним строением вещества, механизм возникновения которого ранее описан (Дымков и др., 2007; Юшкин, 2004 и др.) в антракосолитах как сфероидолитовая дендритная текстура. Микрозондовые исследования образца (кристалла-?) шунгита свидетельствует о существовании внутри него неких блоков (спайности-?). В краевой зоне на пересечении стекловатой поверхности с «верхней» торцевой плоскостью установлена «фибриллярная» структура, по (Пеньков, 1996). Грани образца сложены углеродом общей сложно-построенной пластинчато-линейной текстуры, разной на каждой из плоскостей. Удлиненная сторона представлена ориентированными слоями пластинок и «раковин» размером 200x300 мкм структурированного углерода (С до 96%) коломорфной, фестончатой, микроаморфной структур с примесью S, Cl, Ca, Fe, V. «Верхний» торец с «сетчатой» текстурой кроме того содержит зерна альбита, кальцита, интерметаллиды (CuZn), Cu, Au, V, и обильные поздние (?) «высыпы» хорошо ограненных кристаллов KCl и NaCl как на пластинках углерода, так и внутри них.

Мелкие пластинки Au, обнаруженные нами в шунгитах впервые, располагаются на деформированных плейчатых пластинках углерода. Поскольку здесь же впервые выявлена новая ранее (Куликова, 2011 и др.) не описанная «проблематика», и совместное нахождение ее с Au расширяет возможности установления его генезиса, поскольку, по (Bacterium Transforms..., 2009), бактерия *Cupriavidus metallidurans* (весьма похожая на вышеуказанную проблематику) может превратить AuCl, находящийся в породе органогенного происхождения, в чистое Au. Однако в описываемых породах, являющихся предметом острых дискуссий, органические соединения Au до настоящего времени не доказаны. Известно, что под воздействием AuCl₃ на ароматические соединения получают C₆H₅AuCl₂, а те и другие могут присутствовать в шунгитах. Органические производные Au стабильны в присутствии координационно связанных с Au лигандов, что позволяет определить скрытые особенности органического вещества – шунгита как объекта для металлогенических построений (Марченко, 2011; Шнюков, Лукин. 2011 и др.).

Литература

Дымков Ю. М., Юшкин Н.П., Зубов А.И., Павлов Е.Г., Савельев А.С., Филиппов В.Н. Сферолиты и сфероидолитовые тактоиды антракосолита // Геология и Геофизика. Т.48. 2007.

<http://geo.web.ru/mindraw/bibl22.htm>

Куликова В.В. «Заонежский феномен», или биомаркеры в шунгитах как индикатор особенностей регионального осадконакопления // Проблемы современной палинологии: Матер. XIII Российской палинолог. Конф. Т.1. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. С.150–158.

Марченко Л. Г. Генезис и минеральные ассоциации золота и платиноидов в месторождениях «черносланцевого» типа Казахстана // Автореф. докт. дисс. СПб.: 2011. 50 с.

Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С.125–126.

Пеньков В.Ф. Генетическая минералогия углеродистых веществ. М.: Недра, 1996. 223 с.
<http://www.twirpx.com/file/1032033/>

Шнюков Е.Ф., Лукин А.Е. О самородных элементах в различных геоформациях Крыма и сопредельных регионов // Геология и полез. ископаемые Мирового океана. 2011. №2. С.5–30.

Юшкин Н.П. Рожденные из кристаллов? // Наука из первых рук. Сибирское отделение РАН: ООО «ИНФОЛИО», Новосибирск. №0. 2004. С.43–55.

http://www.sciencefirsthand.ru/Ushkin_Pilot.pdf

Bacterium Transforms Toxic Gold Compounds To Their Metallic Form, 2009
(<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/10/091007103034.htm>)

Спецификация состава сульфатно-сульфидно-хлоридных флюидов при параметрах высокотемпературного сульфидообразования (350–500°C) по данным компьютерного моделирования

Лаптев Ю. В., Широносова Г.П., Прокопьев И.Р.

ИГМ СО РАН, laptev@igm.nsc.ru

Задача компьютерного моделирования гидротермальных процессов с участием флюидов смешанного водно-солевого состава поставлена в связи с проблемой выявления нового типа магматогенных «окисленных» сульфатно-хлоридных флюидов на Cu-Mo-порфировых и других месторождениях, генетически связанных с гранитоидными и щелочно-базитовыми магматическими комплексами (Борисенко и др., 2006, 2011). Для этих флюидов в первую очередь характерно проявление сульфидно-сульфатного равновесия, которое отражается в нахождении в газовой-жидких включениях сульфидов (халькопирит, галенит и др.) совместно с сульфатами (ангидрит, барит, тенардит) и элементарной серой S(эл). Концентрации солевых компонентов (Na₂SO₄, NaCl) во включениях достигают 30–50% масс. Целью настоящего изучения, выполненного в качестве первоначального этапа предстоящих расчетных и экспериментальных исследований, является задача по выявлению особенностей состава флюидов и твердых фаз в базовой системе H₂O - S(эл) - Na₂SO₄ - NaCl - HCl при добавлении в нее в качестве рудных компонентов хлоридов Fe, Cu, Mo, Ba и Au(мет). Компьютерные расчеты проведены с использованием базы термодинамических данных UNITHERM на основе вычислительного комплекса HCh (Шваров, 2008) при следующем составе водного серосодержащего флюида: S(эл) – 2 м, Na₂SO₄ – 2 м, NaCl – 0.5 м. Исходные концентрации хлоридов металлов были равны 0.01 м при избыточных количествах Au(мет). Расчеты проведены в интервале температур 300–500°C при давлениях 500–800 бар.

Выбор Т-Р – параметров основан на известных диаграммах состояния и фазовых равновесий для водно-солевых флюидов по данным М.И.Равич (1974). По фазовым равновесиям система H₂O – Na₂SO₄ относится к системе II типа с двумя критическими точками. В области условий выше кривой насыщенного пара растворимость Na₂SO₄ резко повышается с ростом давления при каждой температуре. Выбранная концентрация Na₂SO₄, равная 2 м (22% масс), соответствует условиям полного растворения соли при температурах выше 300°C и принятых давлениях 500–800 бар.

По результатам расчетов выявлено, что при существовании во флюидах сульфатно-сульфидного равновесия повышение температуры определяет значительные изменения в составе новообразованных сульфидов. При 300°C устойчивы пирит, ковеллин и молибденит. В интервале 350–400°C в той же сульфидной ассоциации вместо ковеллина образуется борнит. При 450°C к борниту добавляется халькопирит. Последующее повышение температуры до 500°C приводит к образованию только халькопирита и молибденита. Барит служит сквозным минералом при всех температурах.

Главной особенностью состава флюидов служит сильное проявление ассоциативного процесса образования гидросульфатного аниона HSO₄⁻ с ростом температуры. Даже при добавлении в систему H₂O - Na₂SO₄ - NaCl существенных количеств HCl (1 м) кислотность флюидов в исследованном интервале температур остается на низком уровне и варьирует от значений pH = 4.5 при 300°C до pH = 6.03 при 500°C. Это служит основным фактором, лимитирующим растворимость сульфидов и, соответственно, миграционную способность переноса металлов.

Гранты РФФИ 13-05-00478, 13-05-00980.

Литература

Борисенко А.С., Боровиков А.А., Житова Л.М., Павлова Г.Г. Состав магматогенных флюидов, факторы их геохимической специализации и металлоносности // Геология и геофизика. 2006. Т.47. №12. С.1308–1325.

Борисенко А.С., Боровиков А.А., Васюкова Е.А., Павлова Г.Г., Рагозин А.Л., Прокопьев И.Р., Владыкин Н.В. Окисленные магматогенные флюиды, их металлоносность и роль в рудообразовании. Геология и геофизика. 2011. Т.52. №1. С.182–206.

Некоторые геолого-геохимические особенности процессов золотоконцентрации в метаморфогенно-гидротермальных и магматогенно-гидротермальных минералообразующих системах

Ляхов Ю.В., Павлунь Н.Н.

ЛНУ им. Ивана Франко, zaggeol@franko.lviv.ua

Анализ результатов термобарогеохимических (ТБГХ) исследований флюидных включений в минералах золоторудных месторождений таких систем, обобщенных на РТ–диаграмме $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$, и геолого-структурных условий их локализации показывает, что при разрушении металлоносных комплексов и взаимодействии флюидов с боковыми породами высоко- и гипербарическим (250–350 МПа) метаморфогенно-гидротермальным месторождениям Au-рудной формации больших глубин (где доминировали пластические деформации, а дегазация CO_2 происходила сравнительно спокойно и имела длительнозатяжной характер, а сами процессы рудообразования происходили в субизохорическом режиме) свойственны процессы "всаливания" (накопление солей), тогда как фракционирование CO_2 на средне-умеренно-низкобарных (150–100–7 МПа) месторождениях магматогенно-гидротермального класса (плутоногенно-гидротермальных среднеглубинных и, особенно, вулканогенно-гидротермальных малоглубинных) связано со вкрестизохорическим трендом развития при интенсивных хрупких деформациях, радикальном увеличении объема, уменьшении давления системы и взрывоподобной гетерогенизацией ("кипением") гидротерм, когда процессы "всаливания" уже не могли реализовываться.

Очевидно, хрупкие деформации – определяющий фактор изменения физико-химического режима, трансляции и разгрузки золотоносных флюидов. Именно такими были геолого-структурные и физико-химические условия формирования магматогенно-гидротермальных жильных и жильно-штокверковых средне- и малоглубинных месторождений, когда кристаллизация самородного золота в связи с разрушением металлоносных комплексов осуществлялась в среднетемпературном диапазоне (280–200°C) по схеме окислительно-восстановительных реакций $\text{Na} [\text{AuCl}_2] + \text{CH}_4 \rightarrow \text{Au} \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{NaCl}$, т.е. $8 \text{Au}^- + \text{C}^{4+} \rightarrow 8 \text{Au}^0 + \text{C}^{4+}$. Быстро и эффективно реакция совершается и в случае переноса Au в виде хлорауратных комплексов типа KAuCl_4 . Напротив, в высоко- и гипербарических условиях безусловного преобладания пластических, с фрагментами полухрупких деформаций на месторождениях больших глубин существенно неравновесные условия для таких реакций проявились на локальных участках проявления редуцированных хрупких деформаций, где в локальных местах сравнительно заметных флуктуаций давления формировались отдельные Au–столбы с повышенным (относительно общего умеренно-убогого распределения Au) концентрациями металла. Но особое место занимают месторождения стратиформной золотоносной формации в железистых кварцитах (Балка Широкая, Чертомлыкская зеленокаменная структура), где четким литологическим контролем оруденения джеспилитами обеспечивалась определяющая роль магнетита как "восстановителя" Au, что освобождалось при разрушении хлорауратных комплексов по реакции: $(\text{Na}, \text{K}) [\text{AuCl}_2] + \text{FeFe}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Au} \downarrow + \text{Fe}_2\text{O}_3 + (\text{Na}, \text{K}) \text{Cl}$, т.е. $\text{Au}^{1+} + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Au}^0 + \text{Fe}^{3+}$. Сами же джеспилиты были и местами разгрузки тектонических напряжений, и мобилизации Au, и барьерно-спонтанной его кристаллизации. Осуществление трансляции золота и последующей его кристаллизации обеспечивают также тиосульфат–ауратные $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)]^{-1}$, гидросульфо–ауратные $[\text{Au}(\text{HS})_2]^{-1}$, карбонил–ауратные $[\text{AuCl}(\text{CO})]^{-1}$, циано–ауратные $[\text{Au}(\text{CN})_2]^{-1}$, ртутно–ауратные $[\text{Hg}(\text{CN})_2]^{-3}$, аминок–ауратные $[\text{Au}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)$ комплексы.

Реализуется также сепаратное осаждение золота на энергоактивных поверхностях ранних сульфидов допродуктивных стадий. Сначала оно адсорбируется в виде хлорида или гидроксила. Затем сульфид–полупроводник действует как восстановитель (Г.Джейн, Г.Банкрофт): $8\text{AuCl}_4^- + 2\text{S}_2^{2-} + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 8\text{Au}^0 - 3\text{SO}_4^{2-} + 24\text{H}^+ + 32\text{Cl}^-$, или $2\text{AuCl}_4^- + 3\text{S}^- \rightarrow 2\text{Au}^0 + 3\text{S}^0 + 8\text{Cl}^-$. Нельзя окончательно оценить вклад осаждения Au на ранних сульфидах и при его сокристаллизации с сульфидами, блёклыми рудами и сульфосолями, но многочисленные ТБГХ аналогии и экспериментальные данные обосновывают главную роль выделения самородной фазы Au в связи с процессами массового разрушения золотоносных комплексов из гетерогенных гидротермальных растворов при 280–200°C.

Тренды развития минералообразующих палеогидротермальных систем молибден-вольфрамовых и золоторудных формаций

Ляхов Ю.В., Павлунь Н.Н.

ЛНУ им. Ивана Франко, zaggeol@franko.lviv.ua

Совокупность геолого-минералогических и термобарогеохимических (ТБГХ) данных изучения месторождений этих формаций в геотектонически и металлогенически разных рудных регионах свидетельствует о выразительной конвергенции физико-химических условий и ТБГХ-показателей развития генетически родственных рудообразующих процессов соответственно Mo-W и Au-рудных формаций и раскрывает дискретно-многостадийную регрессивно-инверсионную природу РТ-режимов формирования пневматолитово-гидротермальных, гидротермальных и метаморфогенно-гидротермальных месторождений. Величина и динамика межстадийных РТ-изменений и внутростадийная флюктуативность палеогидротермальных систем этого режима уменьшалась с увеличением глубины процессов рудообразования (от > 550–50°C и 350–20 МПа – на глубинах > 1.5 км от синрудной палеоповерхности и до 370–50°C и 20–1 МПа – до 1.5 км), а многокомпонентность, солевая концентрация, общая газонасыщенность и плотность флюидных фаз – с приближением к синрудной палеоповерхности и в направлении их завершения. То же прослеживается в степени градиентности и трендов их эволюции в пространстве (ТБГХ зональность), что с высокой разделительностью диагностируется через величину палеотемпературного вертикального градиента при миграции флюидов $\Delta T/100$ м и $\Delta T/\Delta P$ во времени как обратная функция степени термостатирования палеогидросистем. На фоне общей для Mo-W и Au месторождений дискретно-многостадийной пульсации флюидов и уменьшения их многокомпонентности, солевой концентрации, плотности и газонасыщенности в направлении завершения процесса, проявлении на ранних стадиях формирования Mo-W и Au-рудных, в том числе метаморфогенно-гидротермальных, формаций водно-солевых флюидов молибденовой минерализации (есть даже экзотическая Au-Mo формация (Давенда) и стадийная Au-Mo зональность на Сергеевском месторождении Сурской ЗКС на УЩ), наличии процессов «всаливания» и сложных по составу углекислотно-водно-солевых флюидов, претерпевающих гетерогенизацию, развиты специфические тренды их формирования.

Оруденение Mo-W формации грейзеновой группы независимо от эндо- или экзаконтактового морфоструктурного типа месторождений формировалось в высоко-среднетемпературном диапазоне (> 440–300°C) при перепадах давления от 165 до 45 МПа из существенно щелочно-галогеноидных (хлоридно-натриевых – Mo и фторидно-хлоридно-калий-натриевых – Mo, W, Be, Bi) гетерогенных растворов высокой солевой концентрации (65–26 мас.% NaCl), что соответствует дорудным стадиям развития некоторых метаморфогенно-гидротермальных месторождений золота зеленокаменных поясов, на которых флюиды имели сложный углекислотно-водно-солевой состав и претерпевали так называемую трехфазовую гетерогенизацию. Собственно золоторудная минерализация с незначительными вариациями для разноглубинных формаций развивалась в среднетемпературных условиях (300–190°C) функционирования флюидов углекислотно-водного компонентного состава (хлоридно-гидрокарбонатный с Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) и суммарной солевой концентрацией до 10–14 масс. % NaCl, периодически интенсивно "кипевших" с синхронной дегазацией CO_2 и с довольно широкими вариациями ее плотности (для разноглубинных формаций от 1.02 до 0.4–0.14 см³), и заметными изменениями pH и Eh режима, что часто свойственно пострудным стадиям формирования сульфидно-полиметаллических, иногда с золотом, парагенезисов на месторождениях Mo-W формации. Эти закономерности формирования продуктивной Mo-W и Au-рудной минерализации разительно устойчивы независимо от геотектонического расположения и металлогенической специализации структурно-формационных комплексов, что дает возможность, в частности, по особенностям фазово-агрегатного состава флюидных включений определять потенциальную рудоносность с помощью так называемого "визуального метода продуктивных стадий". Установленные закономерности эволюции температуры, давления, состава и фазово-плотностного состояния флюидов и результаты пространственной экстраполяции градиентов и трендов этих параметров с определением пространственного положения физико-химически благоприятных зон и уровней развития Mo-W и Au-оруденения дают достаточно прецизионную возможность очерчивать вероятные верхне-нижнерудные уровни их выклинивания с учетом структурно-фациальных условий рудокализации и прогнозировать наличие мест аккумуляции руды и определять степень ее сохранности в современном эрозионном срезе – важнейшей геолого-экономической проблемы.

Этапность и стадийность оксидных и сульфидных рудообразующих процессов в траппах западного сектора Сибирской платформы

Мазуров М.П., Шихова А.В.

ИГМ СО РАН, mik@igm.nsc.ru

Траппы Сибирской платформы являются крупной изверженной провинцией, с которой сопряжены многочисленные рудные месторождения. В настоящее время эксплуатируются крупные месторождения комплексных медно-никелевых руд с платиноидами в северной части платформы и железных руд в ее юго-западной части. За долгие годы изучения генезиса и закономерностей размещения разных по масштабу рудных объектов существенно уточнены и детализированы генетические концепции. Современный уровень знаний дает основание считать, что продуктивность связанных с траппами рудно-магматических систем, определяется рядом факторов. Это, прежде всего составы первичных магм, выплавленных на разных уровнях мантии. Первичные расплавы были преобразованы на путях подъема и в промежуточных очагах, а также при становлении магматических комплексов в различных структурно-геологических и литолого-стратиграфических обстановках. Наибольший эффект на динамику рудообразующих процессов оказало реакционное взаимодействие магм и пород траппового комплекса с карбонатно-соленосными и карбонатно-эвапоритовыми отложениями фундамента и платформенного чехла, с погребенными рассолами, растворами и флюидами нефтегазоносных бассейнов. Локальные обстановки флюидного режима мест становления интрузивных масс предопределяли динамику сегрегации и локализации руд. Как показывают геохронологические исследования, в большинстве рудных полей происходило неоднократное импульсное внедрение отдельных порций магм, сопровождаемых комплексом контактово-метасоматических преобразований.

Многие из генетических представлений остаются дискуссионными, особенно в отношении механизмов кристаллизации рудных масс и обоснования общей последовательности минералообразующих процессов. В большинстве случаев ограничиваются рассмотрением отдельных минеральных ассоциаций. Не являются исключением в этом отношении и месторождения медно-никелевых платинометалльных руд Сибирской платформы, в которых при всесторонней изученности сульфидных медно-никелевых, платинометалльных, самородных и других групп рудных минералов, сложные оксиды Fe, Ti, Mg, Cr изучены недостаточно. Именно они могут иметь определяющее значение для обоснования отличий рудных и акцессорных парагенезисов начальных этапов магматогенного рудообразования. С этим обстоятельством мы столкнулись при исследовании природы рассеянной рудной минерализации в перспективных высокомагнезиальных интрузивных траппах западного сектора Сибирской платформы. Для обоснования выделения генераций, парагенезисов и ассоциаций рудных минералов нами использованы возможности высокоразрешающей электронной микроскопии. Исследованы внутренняя структура и строение зерен рудных и других минералов, вариации их состава, микроструктуры в разных типах руд и вмещающих пород, особенности строения агрегатов и индивидуальных обособлений оксидов и сульфидов.

В магматическую стадию в экзоконтактах интрузивов были образованы магнезиальные скарны и оксидные руды (твердые растворы Fe-Mg-Al-O с примесью Mg, Mn, Zn) магматической стадии. Внутри интрузивных тел сначала в результате ликвации и кристаллизационной дифференциации происходила совместная кристаллизация Cr-Mg-Al-Fe-Ti оксидных и Ni-Fe-Cu сульфидных твердых растворов. Примеси благородных и других малых элементов, входившие вначале в тот или иной твердый раствор (оксидный, моносульфидный, промежуточный, борнитовый, галенитовый, хизлевудитовый и другие), в послемагматические стадии выделяются на межзерновых и межблочных границах механизмами гомогенного и гетерогенного зарождения. В участках гидротермальных преобразований они образуют большое число новых генераций совместно с парагенезисами водных силикатов и других минералов. В сквозных проницаемых зонах минеральные ассоциации внутри и в экзоконтактах интрузивов совпадают. В них преобладают однородный магнетит, пирит, халькопирит, борнит, блеклые руды, галенит, аргентит, вместе с карбонатами, амфиболами, хлоритом. В докладе приведены характерные особенности строения и микроструктуры минералов из рудных парагенетических ассоциаций в толеитовых и пикритовых разностях интрузивных траппов.

Работа выполняется при поддержке РФФИ, проект № 12-05-00798.

Термодинамический и молекулярно-химический подходы в геохимии рудогенеза

Малышев А.И.

ИГГ УрО РАН, malyshev@igg.uran.ru

Как известно, существуют два раздела общей физики, изучающие свойства тел и изменение состояний вещества, имеющие общие цели и задачи, но резко различные в методах исследования, термодинамика и молекулярная физика. Термодинамика изучает макроскопические свойства тел и явлений природы, оперируя эмпирическими данными (макрофункции и макросостояния) и абстрагируясь от сути процессов, протекающих на молекулярном уровне. Молекулярная физика, напротив, стремится проникнуть в суть этих процессов, но испытывает затруднения с анализом сложных макросистем. Если макропараметры системы известны, термодинамика гарантирует точные количественные оценки макрореакций и макропроцессов. Молекулярная физика раскрывает качественную суть молекулярных процессов в системе. Другими словами, в вопросах состояния вещества методы термодинамики обеспечивают «мощь» физической науки, тогда как молекулярно-кинетическая теория представляет собой то «зрение» физической науки, которое обеспечивает проникновение в суть процессов и явлений. Именно поэтому «подходя к рассмотрению изменений состояния вещества с различных точек зрения, термодинамика и молекулярно-кинетическая теория взаимно дополняют друг друга, образуя по существу одно целое» (Савельев, 1987, с. 263). По крайней мере, так должно быть. В реальности ситуация иная: в эндогенной геохимии давно и безраздельно господствуют термодинамические методы, тогда как молекулярные методы анализа не применяются. Значение количественных термодинамических методов для анализа эндогенных природных процессов падает вместе с ростом числа неизвестных параметров: системы термодинамических уравнений становятся плохо обусловленными или вырожденными. В этом случае могут быть полезны молекулярно-химические методы.

Наиболее существенны различия между термодинамическими и молекулярными методами в интерпретации критических параметров вещества. Термодинамика, базируясь на макроподходе, интерпретирует критические параметры вещества с позиций исчезновения межфазных границ. С термодинамической точки зрения критические параметры простых веществ большого значения не имеют: в природе чистые вещества практически не встречаются, а критические параметры их смесей уникальны для каждой смеси. С точки зрения молекулярной физики критические параметры вещества – это, прежде всего, физико-химические константы чистых веществ, определяющие возможность или невозможность возникновения межмолекулярных связей (конденсация вещества). Природа сама свидетельствует в пользу молекулярно-физического подхода: планетарные атмосферы, как правило, представляют собой сложные многокомпонентные смеси, но именно по законам простых веществ на Земле идет дождь, на Марсе образуется изморозь диоксида углерода, на Венере формируются облака концентрированной серной кислоты, а на Титане выпадают осадки жидких углеводородов. По тем же законам эволюционируют смеси газообразных соединений и в недрах планет. На Земле, в частности, из потоков газообразных соединений по мере снижения температуры выпадает сначала конденсат элементарной серы, затем воды, диоксида серы, сероводорода и диоксида углерода.

Для эндогенного рудообразования ключевое значение имеет зона конденсации самородной серы (Малышев, 2004). Высокотемпературный конденсат серы является мощным окислителем, способным не только перехватывать металлы из флюидного потока, но и вытеснять кислород из оксидов металлов с образованием сульфидных соединений, а при изменении условий – вновь «испаряться» и замещаться кислородом, формируя в первом случае сульфидные, а во втором – оксидные рудные концентрации.

Работа выполнена при поддержке по проекту № 13-05-96034 РФФИ и проекту № 12-И-5-2060 Программы инициативных проектов УрО РАН.

Литература

Малышев А.И. Сера в магматическом рудообразовании. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. 189 с.

Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1. М.: Наука, 1987. 432 с.

О распределении микро- и наночастиц благородных металлов в сульфидах и углеродистом веществе

Марченко Л.Г., Комашко Л.В.

ИГН им. К.И.Самгаева, *Inp_07.13@mail.ru*

Рассмотрена статистика распределения включений микро- и наночастиц благородных металлов в золоторудных месторождениях карлинского, эпитермального и «черносланцевого» типов. Для карлинского и эпитермального типов приводятся литературные данные по включениям в пиритах, а для «черносланцевого» – собственные материалы авторов по включениям в сульфидах и углеродистом веществе.

В пиритах месторождений карлинского типа описаны микроскопические включения самородного Au и теллуридов, а в арсенопиритах фиксируются включения Au-As с подчиненным количеством Sb, Hg и Ta. В составе включений наночастиц преобладает Ag, без примеси Au, но тесно прилегающее к наночастицам Au.

В эпитермальном месторождении Пуэбло-Вьехо (Доминиканская республика) в пиритах развиты включения наночастиц в виде Au-Ag-Ni-As, предположительно кристаллические. Ag-Au наночастицы приурочены к Cu-насыщенным пиритам, развитым на контакте с арсенопиритами. Предполагается (Deditius A. et al., 2011) структурное состояние этих наночастиц в виде минералов, только на основании элементного состава, а именно в виде AgAuS и югенбогардита. Пирит эпитермального месторождения Поргреа (Новая Гвинея) имеет включения наночастиц размером 5-20 нм, состоящие из Pb-Ag-Sb-S. Большинство включений наночастиц приурочены к дефектным областям пиритов. На эпитермальном месторождении Пуэбло-Вьехо включения наночастиц развиты в участках пиритов с пористой микроструктурой.

Экспериментальные исследования (Тауссон и др. 2007) определившие наличие приповерхностного слоя в сульфидах, в котором развивается многофазные системы дополнительных элементов, образующих минеральные формы. Металлические наночастицы золота и серебра возникали с увеличением времени реакции (Mukhin Y. et al., 2011).

На месторождениях «черносланцевого» типа (Бакырчик, Васильевское, Кварцитовые Горки; Марченко, 2010) выделяются парагенезы наноминералов благородных металлов, развитые как в сульфидах, так и в углеродистом веществе: в сульфидах – PtS₂, PtS, AgFe₂S₃, AgAuS, PdAs₂, Ag₇AsS₆, Ag₂AsS₂; в шунгите – микровключения (Pt, Pd, Au-Ag, Au-Sn-Pd, Ag-Cu, Ag); наноразмерные – Fe₃PtC; Cr₂Pt₂CPtS₂, PdS₂, PtAs₂, PdAs₂, Pt(As,S)₂, Ag₃AsS₃, AgAuS (Бакырчик, Большевик); AuPr, EuPd, PrAg₂, Au₃Eu, ErAu, Pd₄S, Pd₁₀S₇, Pd₂Sb, Pd₄(Sb, As)₄, Pd₈As₃, Ag₃Sb, AgSbF₆, AgHgAsS₃, PtAs₂, PtSb₂ (Васильевское); Pd₃S, PdAs₂, AlPd, Pd₄S, Pd₁₀S₇Au₃Eu, Au₂Er, Au₂Pr (Кварцитовые Горки). Включения микро- и наночастиц, состоящие из набора наноминералов «закапсулированы» в наноструктурированные частицы: нанотрубки, фуллереноподобные и графеноподобные образования, сферы и т.д., имеющие размеры меньше одного микрона. Изучение включений микро- и наночастиц в сульфидах и углеродистом веществе месторождений «черносланцевого» типа проводилось с применением микродифракционного анализа и рентгеноспектрального микроанализа на электроннозондовом анализаторе (Комашко, Марченко, 2012).

Литература

Deditius A. P., Utsunomiya S, Reich M., Kesler S. E., Ewing R. C., Hough R., Walshe J. Trace metal nanoparticles in pyrite. Journal ELSEVIER. Ore Geology Reviews 42 (2011) 32–46.

Mukhin Y., Romanchenko A et. al. Understanding the initial stages of precious metals precipitation: Nanoscale metallic and sulfidic species of gold and silver on pyrite surfaces. Journal ELSEVIER. Ore Geology Reviews 42 (2011) 47–54.

Tauson V.L. and others. Surface non-atomic nanophases as indicators of ore formation processes. Abstracts. The materials of the IOM commemorating F.I.Volfson November 2007.

Комашко Л.В., Марченко Л.Г. Электронно-микроскопические исследования образцов сульфидно-вкрапленных шунгит содержащих руд месторождений благородных металлов «черносланцевого» типа Казахстана // Известия НАН РК. 2012. №3. С.61–67.

Марченко Л.Г. О нано- и микроформах и состоянии золота и платиноидов в сульфидах и углеродистых соединениях месторождений «черносланцевого» типа Казахстана. Известия НАН РК. 2009. №1–2. С.88–92.

О возможном генетическом единстве золотоносных родингитов и карбонатитоподобных пород в Карабашском массиве гипербазитов на Южном Урале

Мурзин В.В.

ИГГ УрО РАН, murzin @igg.uran.ru

В пределах Карабашского офиолитового массива гипербазитов известны два пространственно разобщенных специфических типа золотоносных пород – родингиты (Р), сложенные агрегатами диопсида, граната и хлорита и карбонатитоподобные магнетит-хлорит-карбонатные породы (К), также с варьирующими содержаниями слагающих их минералов.

"Р" и "К" имеют сходную геологическую позицию, локализуясь в зонах тектонического меланжа, согласных с общим субмеридиональным простиранием массива. Ранние исследователи массива (Е.А.Кузнецов, Н.И.Бородаевский и др.) рассматривали "Р" и "К" в едином ряду генетически связанных пород, имеющих сходные условия залегания среди серпентинитов. Нашими исследованиями для "Р" и "К" была установлена также специализация их, кроме золота, на LREE, Zr, Th, а также выявлены минеральные формы этих элементов – анкилит, монацит, алланит -Ce, эшинит-(Y), циркон, бадделеит, торанит, уранинит и др. В данном исследовании получены дополнительные характеристики "Р" и "К", обнаруживающие как черты их сходства, так и различия.

Зональность. Оба типа описываемых пород слагают тела зонального строения – родингиты, имея мощность до 2–3 м, местами до 8 м оторачиваются зонами хлоритолитов мощностью до 2–3 м, которые, в свою очередь, постепенно переходят в хризотилитовые или антигоритовые серпентиниты. К образуют линзообразные тела, локализованные в участках хлоритовых пород, контролирующихся протяженными зонами расщепления и карбонатизации среди антигоритовых серпентинитов.

Геохимические особенности. "Р" и "К" характеризуются высоким содержанием таких элементов, как Ti, P, Mn, а также Sr, Y, Zr, Nb, U, Th, REE. Тренды распределения REE "Р" и "К" практически совпадают по форме и уровню содержаний. Примыкающие к этим породам хлоритолиты и хлоритизированные серпентиниты существенно обогащены РЗЭ по отношению к удаленным от них серпентинитам.

РТХ-условия формирования. Формирование "Р" имело место при стандартных для них условиях – $T = 420\text{--}470^\circ\text{C}$, $P = 2\text{--}3$ кбар, $X_{\text{CO}_2} = 0.001\text{--}0.007$, восстановленная среда. В заключительную стадию кальцитовых прожилков происходило снижение P-T параметров (0.5–1 кбар, 230–310°C), повышение X_{CO_2} до 0.036 и окислительных свойств среды. Явные признаки многостадийности "К" нами не зафиксированы, однако установлен широкий диапазон формирования этих пород – от 480–430°C до 260–210°C. Углекислотность флюида на порядок превышает таковую при формировании "Р" ранних стадий. Она близка к составу флюида при отложении кальцита в "Р" поздней стадии, но меньше, чем при лиственитизации.

Изотопный состав карбонатов. Кальцит "Р" и доломит "К" практически сходны по изотопному составу С, О и Sr. Эти изотопные характеристики отвечают смеси осадочного карбонатного и глубинного вещества. Установлена корреляция изотопного состава С и Sr, свидетельствующая контроле распределения этих изотопов одними и теми же факторами.

Абсолютный возраст. Определенный нами Sm-Nd абсолютный возраст типичного образца "Р" составил 369.4 ± 8.8 млн. лет. Имеющиеся в литературе датировки возраста "К" получены Ю.В.Ерохиным и В.В.Хилер методом химического датирования торанита и противоречивы – 352.1 ± 11.2 млн. лет, что очень близко к возрасту "Р" и более молодые – 317.1 ± 8.4 млн. лет (U-Pb) и 313.2 ± 5.2 млн. лет (Th*-Pb).

Зафиксированные признаки общности "Р" и "К" свидетельствует о возможной генетической связи этих пород. В то же время, очевидны различия условий их формирования – предельно низкая степень углекислотности и восстановленные свойства родингитизирующего флюида резко контрастирующие с углекислотным окисленным характером флюида при формировании "К". Окончательное решение вопроса возможно при получении более надежных возрастных характеристик "К" и объяснении причин возможных резких изменений химизма рудообразующих флюидов циркулирующих в массиве.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-00734а.

Теллур в рудах вулканогенных гидротермальных месторождений Камчатки

Округин В.М.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, okrugin@emsd.ru

Теллур – один из типоморфных химических элементов областей современной и палеовулканической деятельности. Он вместе с кадмием, селеном и ртутью определяет облик Камчатской биогеохимической провинции. Теллур – неперенный участник вулканических и поствулканических процессов: от активных эффузивно-пирокластических до фумарольно-сульфатарных и поствулканических гидротермальных. Лучшим примером могут служить фумарольные поля Большого трещинного Толбачинского извержения 1975–1976 гг. где его концентрации достигают 20 и более г/т при удивительном разнообразии форм нахождения. Его присутствие уже обнаружено и в продуктах Нового трещинного Толбачинского извержения 2012-2013 гг., активная стадия которого длится более 5 месяцев (166 дней). И, естественно, теллур входит в состав современных и палеогидротермальных минералообразующих растворов, деятельность которых при наличии соответствующих условий приводила к формированию рудных месторождений.

Камчатский край, как, впрочем, один из фрагментов зоны перехода континент-океан (Тихоокеанского Огненного кольца, гирлянды островных дуг) характеризуется широким развитием и многообразием вулканогенных гидротермальных месторождений, Среди них особого внимания заслуживают золоторудные. К ним относятся: - жильные золото-полиметаллические (Аметистовое, Кумроч, Оганчинское, Мутновское); - жильные ,золото-серебряные низкосульфидные типа LS (Сергеевское, Агинское, Золотое, Кунгурцевское Родниковое, Асачинское); сложной формы высокосульфидные типа HS (Малетйваям, Озерновское). Возраст месторождений соответствует возрасту вулканоплутонических поясов, с которыми они пространственно, генетически связаны и меняется от 75–90 Ма (Сергеевское) до 0.05–0.03 Ма (Мутновское). Некоторые из них не приобрели еще своего окончательного облика и процессы рудообразования продолжают в настоящее время (Мутновское, Родниковое). Большинство жильных золоторудных объектов можно отнести к полихронным и полигенным образованиям .

Теллур обнаружен в рудах, практически, всех месторождений. Его количества меняются от 0.01 г/т до 2740 г/т. Широкого развития, многообразия форм нахождения и максимальных концентраций он достигает в рудах Агинского и Озерновского месторождений. Эти два объекта следует относить к золото-теллуриднему типу.

Теллур в рудах образует как собственные минеральные формы, так и присутствует в виде примеси. Минеральные формы теллура отличаются необыкновенным разнообразием: самородный теллур, теллуриды меди, теллуриды ртути, теллуриды золота, теллуриды золота и серебра, теллуриды серебра, теллуриды свинца, блеклые руды (Те от 0.05 до 23.65% – голдфилдит), сложные интерметаллические и кислородные соединения. В рудах Озерновского месторождения (жильная зона БАМ) установлены все (из известных в литературе) теллуриды меди и многочисленные теллуриды. Как элемент-примесь теллур обнаружен в пирите, в котором концентрируется в виде микрозон с содержанием до 3–5%. На некоторых рудных объектах минералы теллура ассоциируют с минералами селена. Самородные теллур и селен диагностированы на Озерновском месторождении (Спиридонов, Округин 1985). Асачинское и Родниковое относятся к золото-серебро-селениднему типу эпитептермальных месторождений, руды которых содержат гессит, калаверит, петцит, алтаит, теллуросодержащую блеклую руду.

Эпитептермальные золото-серебро-теллуридные месторождения известны в Японии (Тейне, Кукикино), Филиппинах (рудное поле Вагио), на Фиджи (Эмперор), Северной Америке (Голден Санлайт). На Камчатке еще предстоит открыть подобные месторождения. И это – вопрос времени.

Исследования выполнены по гранту 12-1-117-03 «Фундаментальный базис инновационных технологий, прогноза, оценки, добычи, глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья на Дальнем Востоке».

Литература

Спиридонов Э.М., Округин В.М. Селенистый голдфилдит – новая разновидность блеклых руд // ДАН АН СССР. Сер. геол. Т.280. №2. С.276–278.

О возможной гидротермальной природе сульфидных сферолитов золотоносных конгломератов Витватерсранда

Округин В.М.¹, Яблокова Д.А.²

¹ИВУС ДВО РАН, КамГУ им. В. Беринга, okrugin@emsd.ru,
yablokovada@gmail.com

Под понятием «месторождения Витватерсранд» в мировую литературу вошла крупнейшая золотоносная провинция, давшая около трети всей мировой добычи золота. Одна из наиболее интересных особенностей золотоносных конгломератов – присутствие в кварцевом цементе круглых концентрически-зональных образований – шариков, сложенных преимущественно пиритом. Они получили название «пиритовая дробь» и «пиритовая картель» из-за своей формы и размеров (от 1–2 мм до 0.5–1.5 см). Такие уникальные образования в рудах Витватерсранда изучались многими исследователями, полагавшими, что здесь таится ключ к разгадке генезиса месторождений. Высказывались предположение об их полигенной природе (Портнов, 1978, Шило, 1986, Щеглов, 1993).

Развивая идеи Н.А. Шило и А.Д. Щеглова, авторы провели сравнительно-сопоставительные минералого-геохимические исследования «пиритовой картель» Витватерсранда и оригинальных сульфидных глобулей-сферолоидов, отлагающихся в придонном слое одного из горячих источников гидротермальной системы Двухъярточная (Центральная Камчатка).

Современные сульфидные глобули внешне, практически, неотличимы от пиритной дроби Витватерсранда. Они имеют округлую сферическую, реже овальную форму с размерами от сотен микрон до первых мм. Для них характерно сложное внутреннее строение, обусловленное наличием: - обломков нерудных минералов (своеобразных центров кристаллизации); - зон грануляции (микрофраamboидов); - локального обогащения отдельных участков Hg, As, и реже – Sb. Они вполне заслуживают названия «Двухъярточная сульфидная дробь».

По данным А.Д. Щеглова и Н.И. Шумской (1995) пиритная дробь Витватерсранда в качестве элементов-примесей содержит Ni, Co, As. Нами в результате микросондовых исследований такой дроби по содержанию элементов-примесей выделено две группы: - пирит с примесью мышьяка и никеля, – пирит обогащенный кобальтом и мышьяком.

Таким образом, глобули пирита (пиритная дробь), образовавшиеся в различных геодинамических обстановках: - древнейший кратон Африки; - активная гидротермальная система Курило-Камчатской островной дуги, оторванные по времени образования на 2 и более миллиарда лет (поздний архей – около 2.6–2.0 млрд. лет; кайнозой - современные) обнаруживают вполне определенные черты сходства. Среди них не только внешние морфологические (размеры и форма), но и эндогенные – неоднородное зональное строение за счет локального обогащения отдельных микроучастков Ni, Co, As, Hg, Sb.

Полученные данные подтверждают представления Н.А. Шило, еще в 1986 г. исключавшего «...идею аллювиального происхождения окатанного пирита или пиритовой картель...» (Шило, 1986). Они могут служить одним из новых доказательств гидротермального генезиса сульфидных глобулей в золотоносных конгломератах Витватерсранда.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012–2016 гг.

Литература

Портнов А.М. О возможном гипогенном происхождении конгломератов Витватерсранда // ДАН. 1978. Т.239. №3. С.664–667.

Шило Н.А., Сахарова М.С. Природа пиритовых образований из отложений Витватерсранда // Геология рудных месторождений. 1986. №2. С.85–89.

Щеглов А.Д. О генезисе золоторудных месторождений района Витватерсранда (ЮАР) // ДАН. 1993. Т.333. №1. С.79–82.

Щеглов А.Д., Шумская Н.И. О природе «галек» пирита из золоторудных месторождений Витватерсранда (ЮАР) // ДАН. 1995. Т.340. №5. С.667–671.

Роль нефти в рудообразовании

Орлянкин В.Н.

НГИЦ РАН, vadim.orlyankin@yandex.ru

Нефть – это не только энергетическое сырье, но и источник многих металлов (Нукунов и др., 2001 и др.). Во многих нефтях содержания некоторых металлов в десятки и более раз превышают кларковые, а иногда достигают уровня промышленных концентраций. В золе нефтей отмечено более 50 различных микроэлементов и металлов (в порядке уменьшения их содержания): V, Ni, Fe, Mg, Na, Al, Mn, Pb, Ag, Au, Cu, U, Sn, As. Содержание Ni может достигать до 36%, а V – до 60% (Рябов, 2009). Из нефтяных месторождений «Пояса Ориноко» в Венесуэле извлекается V, который экспортируется в США, где он удовлетворяет более 50% потребности страны. В промышленных масштабах V извлекается из золы битумов Атабаски в Канаде. Есть примеры добычи из нефти и других металлов. Высокие концентрации многих металлов выявлены также в продуктах гипергенеза и метаморфизма нефтей – в керитах, антракосолитах, шунгитах, каменных углях, антрацитах, в горючих и черных сланцах, образование которых связано с нефтью. Информация о металлоносности черных сланцев содержится в большом количестве публикаций, в частности, в монографиях Я.Э.Юдовича и др., (1988, 1998).

До настоящего времени принято считать, что металлы попадают в нефть из вмещающих пород, а в углеродистые (горючие и черные) сланцы – в результате сорбции их водной биотой из морской (океанской) воды, а соответственно – в каменные угли и антрациты – сорбцией наземной и болотной растительностью из пресных болотных вод. Такое представление, в значительной мере, умозрительно и не может считаться абсолютно доказанным во всех случаях, особенно применительно к весьма высокотоксичным металлам – V, Ni, Cd, As, Zn, Hg и др. По нашему мнению, генезис не только битумов, но и ископаемых углей, антрацитов, горючих и черных сланцев связан с эндогенной (мантийной – с глубины порядка 150 км) нефтью, обогащенной микроэлементами и металлами. В нефтяных ловушках осадочного чехла, очевидно, задерживается и скапливается меньшая часть генерируемой в мантии нефти. Значительно большая ее часть изливается на дно акватории морей и океанов, где ее тяжелые фракции (смолы, асфальтены) с металлами осаждаются на поверхности дна, отравляя морскую биоту и участвуя вместе с мертвой биотой и минеральными частицами в формировании, высокоуглеродистых осадков, а затем металлоносных горючих и черных сланцев.

Известно, что многие золоторудные провинции России (да и всего мира) пространственно связаны с территориями развития миогеосинклинальных черных сланцев. Это Яно-Колымский и Чукотский пояса, Аллах-Юнь, Лено-Патомский бассейн, Верхние Витим, Зея и Селемджа, Керб-би, Енисейский кряж, Мурунтау и др., а также классические золото-россыпные районы Калифорнии, Клондайка, Австралии и т.д. Везде в этих местах первичным носителем золота являлась абиогенная нефть, а источником золота – не кристаллические породы, как часто считается, а верхняя мантия, отдельные участки которой обогащались определенным набором микроэлементов в зависимости от структуры плюмтектоники.

В этом отношении большой интерес представляет остро дискутируемая проблема генезиса уникального по запасам (более половины мировых) урано-золоторудного месторождения Витватерсранд. Большинство геологов считает его древней погребенной многослойной золотоносной россыпью, в которой на отдельных «висячих» пластах галечников (ныне конгломератов) из пресноводной растительности формировались так называемые «маты», представляющие собой тонкие углеродистые уран и золотосодержащие пласты (тухолита). В галечниках речного потока со скоростью течения более 2 м/сек донная растительность существовать не может. Она возникает только в застойных зонах с песчано-илистым аллювием. По последним данным (Ермолаев и др., 1994), псевдоконгломераты Витватерсранда состоят не из обычных окатанных галек, а из гантелевидных кварцевых выделений – капель с концентрической зональностью, многие из которых соединены попарно между собой перемычками. Образование их возможно на месте в результате жидкостной несмесимости в первично однородных флюидных расплавах. А урано-золотоносные тухолитовые маты, по нашему мнению, являются остатками сильно метаморфизованных первично нефтяных высокоуглеродистых сланцев. Аналогичные богатые золотосодержащие тухолитовые или карбурановые (первично нефтяные) цементы настоящих конгломератов или тектонических брекчий известны во многих других золоторудных месторождениях мира (Блайнд Ривер, Белу Оризонти и др.). В заключение отметим, что во многих рудных месторождениях генетическая связь золота и других металлов с мантийной нефтью представляется автору пока дискуссионной и излагается в порядке постановки проблемы.

Литогенетические рудоподготовительные системы в золотоносных терригенных комплексах

Парада С.Г.

ИАЗ ЮНЦ РАН, *parada@ssc-ras.ru*

1. В истории формирования золоторудных месторождений в терригенных комплексах выделен рудоподготовительный период, связанный с этапом накопления и постседиментационного преобразования углеродисто-терригенных осадков, когда в больших объемах горных пород образовались повышенные концентрации золота (до 0.1 г/т) и его спутников. Такие крупнообъемные скопления предрудных, относительно слабо золотоносных минерализаций, являлись источником золота в последующих эндогенных рудообразующих процессах.

2. Выделены три эволюционные серии таких продуктивных терригенных комплексов, которые накапливались в обстановках: 1) шельфа (рифейские черные сланцы Северо-Енисейской и Ленской золотоносных провинций), 2) материкового склона и его подножия (верхнепалеозойско-нижнемезозойский терригенный комплекс Верхояно-Колымской области), 3) океанического ложа (палеозойские вулканогенно-кремнисто-терригенные толщи Амуро-Охотской области). Каждый из перечисленных комплексов представлял собой своеобразный тип автономной рудоподготовительной системы, которая, в зависимости от геодинамической обстановки, фациальных условий седиментогенеза, характера и полноты проявления последующих стадий литогенеза, обеспечивала концентрацию рудного вещества в виде крупнообъемных участков относительно слабо золотоносной минерализации с определенными вещественно-морфологическими признаками (участки скопления осадочно-диагенетических сульфидов, зоны концентрации латераль-секреционных кварцевых жил и прожилков, прослои и залежи субмаринных эксгальционно-осадочных сульфидно-кремнистых образований).

4. Участки скопления осадочно-диагенетических сульфидов приурочены к отложениям шельфа. Преобладающие здесь углеродистые филлиты характеризуются нормальным для осадочных пород калиевым типом щелочности, ассоциируют с подчиненными карбонатными породами и фтанидами, содержат диагенетические сульфиды и железо-магниевого карбонаты. Первично это были глинистые образования каолинит-гидрослюдистого состава, которые накапливались в застойных условиях. Длительно проявляющаяся стадия диагенеза обеспечила консервацию повышенных количеств золота в образующихся сульфидных.

5. Зоны концентрации латераль-секреционных кварцевых жил и прожилков связаны со стадией катагенеза лавинных отложений континентального склона и его подножия. Первично пелитовые, алевритовые и псаммитовые углеродистые породы обладают аномально высоким для терригенных осадочных образований содержанием Na_2O при нормальном – K_2O . Неуравновешенная процессом диагенеза органико-минеральная масса сразу оказывалась в зоне катагенеза. Толщи подверглись региональной альбитизации за счет активизации седиментогенных хлоридно-натриевых поровых вод, что привело к разделению геохимии натрия и хлора. Минералогическим следствием этого геохимического процесса явилось перераспределение кремнезема и золота и формирование рассеянной золотоносной минерализации кварцево-жилно-прожилкового типа в крупных объемах горных пород.

6. Залежи и прослои субмаринных эксгальционно-осадочных сульфидно-кремнистых образований преобладают среди отложений океанического ложа. Они выделяются высокими концентрациями марганца, кобальта, никеля, меди и других рудных элементов, в т. ч. золота.

7. В наиболее изученной нами Амуро-Охотской складчатой области представлены (хотя и в неравных пропорциях) все три серии золотоносных терригенных комплексов и все три типа предрудных минерализаций. Развитые в них участки осадочно-диагенетической сульфидизации, элизионно-катагенетические кварцевые жилы и эксгальционно-осадочные сульфидно-кремнистые залежи подверглись деформациям и динамотермальному метаморфизму вместе с вмещающими их породами. Это выразилось в перекристаллизации кварца и появлении в нем вторичных водно-углекислотных включений, развитии кристаллобластических структур в агрегатах рудных минералов и закономерном изменении их типоморфных свойств, увеличении крупности и пробыности самородного золота.

8. Уменьшение концентраций золота в объектах предрудной минерализации на 1–2 порядка и вмещающих породах в 2 и более раз, пропорционально интенсивности метаморфических преобразований, позволяет считать их источником золота при последующем эндогенном рудообразовании.

Сейсмогеодинамика рудообразующих гидротермальных систем

Петров В.А.

ИГЕМ РАН, vlad@igem.ru

Решение проблемы эволюции рудообразующих гидротермальных систем при неоднократной активизации тектономагматических процессов связано с установлением механизмов формирования, развития, перехода в латентное состояние и реактивации протяженных субвертикальных флюидопроводящих каналов, а также с определением условий фильтрации по этим каналам гидротермальных рудоносных растворов из области их зарождения на больших глубинах при высоких Р-Т параметрах в область рудоотложения в верхней части земной коры. Предполагается, что на глубинах нижней-средней коры деформирование пород происходит по законам пластичности с приложением таких механизмов, как дислокационное течение и крип, а в верхней (сейсмогенной) части земной коры реализуется механизм упруго-хрупкого разрушения пород. В этих условиях перемещение флюидов вдоль системы проницаемых каналов определяется, прежде всего, гидравлическим градиентом между ее нижней и верхней частями, температурным градиентом, параметрами напряженно-деформированного состояния пород, вариациями внутривещного флюидного давления и процессами коагуляции/разрушения минеральных агрегатов в доступном для фильтрации растворов трещинно-поровом пространстве.

Вертикальная миграция рудоносных растворов из области их зарождения в область рудоотложения может происходить по механизму всплывающих флюидных доменов на фоне гидростатической нестабильности и сейсмической неоднородности земной коры (Gold, Soter, 1985). Однако движущие силы перемещения объемов гидротермальных растворов в разрезе коры разные. В нижней «асейсмичной» части на фоне стационарного крипа и практически постоянной проницаемости матрицы вещества основная роль принадлежит, по-видимому, тепловым потокам, создающим температурный градиент. В верхней сейсмогенной части коры вариации трещинно-поровой проницаемости пород происходят на фоне резких изменений их напряженно-деформированного состояния в течение сейсмических циклов (Sibson, 2001; Cox, 2005). Каждый сейсмический цикл состоит из четырех стадий: досейсмической, косейсмической, постсейсмической и межсейсмической («сейсмического покоя») (Scholz, 1990). В процессе прогрессирующей деформации на протяжении всех стадий происходят изменения в режиме миграции флюидов. Однако основная фаза поступления гидротермальных растворов в разрывы, оптимально ориентированные в тектоническом поле напряжений, приходится на косейсмическую и постсейсмическую стадии разрядки напряжений, а отложение основного объема минерального вещества происходит на межсейсмической стадии кратковременных малоамплитудных подвижек в благоприятных структурно-литологических, тектонофизических и физико-химических обстановках (Петров, 2010). Нестационарность поля напряжений-деформаций-(температур) на различных стадиях сейсмического цикла создает условия для реализации пульсационно-ритмичного (клапанного) гидродинамического механизма разломной тектоники (Nguyen et al., 1998). Этот механизм обеспечивает подток кислородсодержащих поверхностных вод на глубокие горизонты разреза и их смешение с гидротермальными растворами в случае, если на косейсмической и постсейсмической стадиях возникла гидравлическая связь флюидопроводящих и флюидофокусирующих разломов с поверхностью.

Литература

- Петров В.А. Роль сейсмодетформаций в формировании жильно-штокверковых гидротермальных месторождений // Сб. трудов. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С.290–291.
- Cox S.F. Coupling between deformation, fluid pressures, and fluid flow in ore-producing hydrothermal systems at depth in the crust // Econ.Geol. 100th Ann. Vol. 2005. P.39–75.
- Gold T., Soter S. Fluid ascent through the solid lithosphere and its relation to earthquakes // Pageoph. 1985. V.122. P.492–530.
- Nguyen P.T., Cox S.F., Harris L.B., Powell C.McA. Fault-valve behaviour in optimally oriented shear zones: an example at the Revenge gold mine, Kambalda, Western Australia // J. Struct. Geol. 1998. V.20. №12. P.1625–1640.
- Scholz C.H. The mechanics of earthquakes and faulting. Cambridge Univ. Press, 1990. 439 p.
- Sibson R.H. Seismogenic framework for ore deposition // Rev. Ec. Geol. 2001. V.14. P.25–50.

Эвдиалитовые фонолиты Контозерского карбонатитового палеовулкана – возможный исходный расплав для эвдиалитового комплекса Ловозерского массива

Петровский М.Н., Савченко Е.Э.

ГИ КНЦ РАН, petrovskiy@geoksc.apatity.ru

Значительная часть потенциальных мировых запасов Zr, Hf, REE, Nb, Ta и Sr связана с эвдиалитовыми рудами, приуроченными к крупнейшим в мире массивам агапитовых нефелиновых сиенитов, таких, как Ловозеро (Кольский п-ов, Россия), Илимауссак (Южная Гренландия), Пилансберг (Трансваальская провинция, ЮАР), кроме того, эвдиалит является типоморфным циркониевым минералом практически во всех известных в мире массивах агапитовых нефелиновых сиенитов. Гораздо реже эвдиалит встречается в фонолитах – эффузивных аналогах нефелиновых сиенитов, тем более редко он в них присутствует в качестве породообразующего минерала. Эффузивные эвдиалитовые фонолиты в Мире крайне редки – это фонолиты: Арис в Намибии, района Атакор в Хогар-Нигерийской провинции, Джебел-Фезан в Ливии, Поинт-Рокс в Нью-Мексике и Апах в Техасе. На территории бывшего СССР эвдиалитовые фонолиты, слагающие лавовый покров, были известны только на Украинском щите в районе Октябрьского массива. Образование эвдиалитовых пород и руд, несмотря на то, что данной проблеме посвящено большое количество работ, как в России, так и за рубежом, остаётся одной из важных проблем петрологии.

При геологическом изучении вулканогенного комплекса Контозерской вулcano-плутонической ассоциации, выполняющей кальдеру проседания позднедевонского карбонатитового палеовулкана, авторами был открыт лавовый покров эвдиалитовых фонолитов (Петровский и др., 2011). Фонолиты маркируют границу между мелилититовой и карбонатитовой толщами контозерской свиты. По химизму они относятся к породам высокощелочного ряда. Детальные исследования этих эффузивов позволяют подойти к конкретному решению проблемы исходных расплавов для уникальных агапитовых массивов нефелиновых сиенитов Кольской щелочной провинции. Проведённые авторами петролого-минералогические исследования эвдиалитовых фонолитов Контозера позволили установить:

1. Эвдиалитовые фонолиты Контозерского палеовулкана представляют собой первичный расплав, образовавшийся не в ходе кристаллизационной дифференциации какого-то более ультраосновного расплава, а выплавившийся непосредственно из метасоматизированного, обогащенного LILE, HFSE и REE верхнемантийного субстрата, представлявшего собой флогопит-амфиболовый эклогит.

2. Расплав эвдиалитовых фонолитов Контозерского палеовулкана на раннем этапе кристаллизации имел котектическую насыщенность цирконием, а соответственно и среднее содержание ZrO₂ в фонолитах Контозера, равное 1.02 мас.%, можно рассматривать как котектическое. Этот вывод хорошо коррелируется с экспериментальными данными, полученными Л.Н. Когарко и др., (1988).

3. При кристаллизационной дифференциации расплава эвдиалитовых фонолитов могут образовываться эвдиалитовые магматические месторождения куммулятивного типа, аналогичное эвдиалитовым комплексам массивов: Ловозерского, Илимауссак и Пилансберг.

4. Сходство распределения редкоземельных элементов в эвдиалитовых фонолитах Контозера и порфириовидных луявритах, являющихся закалочной фазой эвдиалитового комплекса Ловозерского массива, близость концентраций редкоземельных элементов и циркония в перечисленных породах также указывают на то, что эвдиалитовый комплекс Ловозерского массива мог образоваться из расплавов сходных по составу с фонолитовым расплавом Контозера.

Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН № 9.

Литература

Петровский М.Н., Савченко Е.А., Калачёв В.Ю. Проблема образования эвдиалитсодержащих фонолитов Контозерского карбонатитового палеовулкана (Кольский полуостров) // Записки РМО. 2011. №3. С.1–24.

Когарко Л.Н., Лазуткина Л.Н., Кригман Л.Д. Условия концентрации циркония в магматических процессах. М.: Наука, 1988. 120 с.

Состав блеклых руд как элемент зональности порфирово-эпитермальных рудообразующих систем (на примере месторождения Биксизак, Ю. Урал)

Плотинская О.Ю.¹, Грабежев А.И.², Зелтманн Р.³

¹ИГЕМ РАН, *plotin@igem.ru*; ²ИГГ УрО РАН; ³CERCAMS, NHM

Полиметаллическое месторождение Биксизак расположено в пределах Восточно-Уральской вулканогенной зоны и наряду с эпитермальным Au-Ag Березняковским и Cu-порфировыми Томинским, Калиновским и Биргильдинским месторождениями входит в состав Биргильдинско-Томинского рудного узла. Минерализация (рис.1А) приурочена к мраморам O₂-S₁, (Восточный участок) и к прослоям известняков среди вышележащих андезит-дацитовых вулканитов (Западный участок). Месторождение отнесено к метасоматическому типу в карбонатных толщах при участии скарновых процессов (Плотинская и др., 2010). Его образование связано с внедрением интрузии диоритовых порфиритов (Грабежев и др., 1998) которая вмещает непромышленное Cu-порфировое оруденение (Пужаков, 1999).

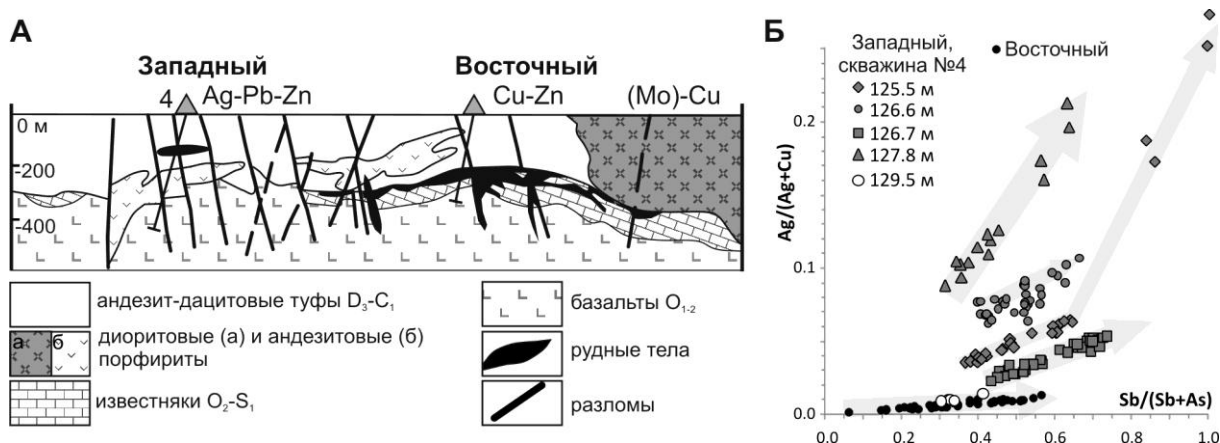


Рис.1. А – Схематический разрез через месторождение Биксизак по (Грабежев и др., 1998); Б – Диаграмма Ag/(Ag+Cu) – Sb/(Sb+As) для блеклых руд месторождения Биксизак

Минералы группы блеклых руд по составу варьируют от Fe-теннантита до Zn-тетраэдрита с различными количествами Ag. Их выделения имеют сложное зональное строение с общей тенденцией к увеличению содержаний Sb и Ag от центра зерен к периферии. На диаграмме Ag/(Ag+Cu) - Sb/(Sb+As), рис.1Б, видно, что точки анализов блеклых руд для каждого образца ложатся на прямые линии. Наиболее пологий наклон у линий Восточного участка, находящегося вблизи порфировой интрузии, а более крутой – у Западного, причем в последнем наклон уменьшается с глубиной. Аналогичная картина распределения составов блеклых руд описана в (Hackbarth, Petersen, 1984) на эпитермальных месторождениях Кор д'Ален (США), Оркопампа и Хулкани (Перу).

Таким образом, состав блеклых руд и его эволюция различны в разных зонах порфирово-эпитермальной системы и может использоваться как важный прогнозно-поисковый признак.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 13-05-00622 и ПП-27.

Литература

Грабежев А.И., Кузнецов Н.С., Пужаков Б.А. Рудно-метасоматическая зональность медно-порфировой колонны натриевого типа (парагонитсодержащие ореолы, Урал). Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998.

Плотинская О.Ю., Грознова Е.О., Грабежев А.И., Новоселов К.А. Минералогия и условия формирования руд серебро-полиметаллического рудопроявления Биксизак (Южный Урал, Россия) // Геол. рудн. мест. 2010. Т.52. №5. С.439–456.

Пужаков Б.А. Продуктивные гранитоиды, метасоматоз и оруденение Биргильдинско-Томинского рудного узла: Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1999.

Hackbarth C.J., Petersen U. A Fractional crystallization model for the deposition of argentian tetrahedrite // Economic Geology. 1984. V.79. P.448–460.

Высокотемпературные магнетитовые кварциты Карело-Кольской железорудной провинции

Пилюгин С.М., Козлова Е.Н.

ФГБОУ ВПО «ВГУ», geoscience@yandex.ru

Железистые формации докембрия (ЖФД) являются характернейшими хемогенно-осадочными образованиями, развитыми на всех древних щитах. Среди ЖФД ведущая роль принадлежит кристаллическим породам – магнетитовым (железистым) кварцитам, которые, благодаря своему относительно простому минералогическому и химическому составу, являются прекрасными индикаторами физико-химических условий метаморфизма пород (T , P , fO_2 , PH_2O , PCO_2) и, отсюда, наиболее ранней тектоно-термальной и геодинамической истории развития Земли. Одним из регионов широкого развития ЖФД является Балтийский щит, входящий в состав Фенноскандинавского кристаллического сегмента Восточно-Европейского кратона (Gorbatshev and Bogdanova, 1993).

Фактической основой настоящей работы послужило изучение керна скважин, пробуренных при геологическом картировании и поисково-разведочных работах в Оленегорском железорудном районе. Отобранные магнетитовые кварциты (рудопроявление «Свинцовые тундры») представлены плотными, средне- и крупнозернистыми породами темно-серого цвета полосчатыми (линзовидно-полосчатыми) за счет чередования (от первых миллиметров до 3–4 см) участков существенно кварцевого или пироксен-магнетитового состава. Структура гранобластовая, иногда с элементами порфиробластовой. Наиболее распространена следующая минеральная ассоциация: магнетит + кварц + гиперстен + авгит ± гранат ± грюнерит.

При детальном микроскопическом исследовании в магнетитовых кварцитах Оленегорского железорудного района были обнаружены гиперстены со структурами распада.

Структуры распада пироксенов сравнительно уникальны для железистых формаций (магнетитовых кварцитов) и были описаны ранее всего в нескольких регионах. Это – Бивабик, Миннесота (Bonnichsen, 1969), Стиллуотер, Монтана (Vaniman et al., 1980), Скоури, Шотландия (Barnicoat, O'Hara, 1979), Днестр-Бугский (Побужье) и Азовский домены Украинского щита (Яковлев, Степченко, 1985, Яковлев, 1989, Пилюгин и др., 2010), Эндерби Лэнд, Антарктика (Sandiford, Powell, 1986; Harley, 1987), Воронежский кристаллический массив (Fonarev et al., 2006). Причем первые два комплекса претерпели существенные контактные изменения, связанные с крупными интрузивными массивами и только остальные относятся к продуктам регионального гранулитового метаморфизма. Для них определены УНТ – условия метаморфизма 900–970°C (Яковлев, 1989), > 1000°C (Barnicoat, O'Hara, 1979; Fonarev et al., 2006), 980–1020°C (Sandiford, Powell, 1986; Harley, 1987).

Структуры распада в гиперстене из магнетитовых кварцитов Оленегорского железорудного района представлены двумя типами. Первый тип – это относительно крупные (до 5-10 мкм) ламели авгита в матричном гиперстене – хозяине. Второй тип (результат последующего распада гиперстена) – очень тонкие (порядка 1 мкм) относительно короткие и часто расположенные ламели авгита в гиперстене – хозяине. По аналогии с более ранними находками (Bonnichsen, 1979; Vaniman et al., 1980; Sandiford, Powell R., 1986; Harley S.L., 1987; Fonarev et al., 2006) и по своему составу первичный минерал являлся низкокальциевым моноклинным пироксеном – пижонитом.

Реинтегрированные составы пижонита (En_{16} , Fs_{73} , Wo_{11}) были получены при специальной растровой съемке и площадном микроскопическом анализе. Они, с использованием экспериментальных данных Линдсли (Lindsley, 1983), позволили определить температуры (порядка 900 °C) первичного (пикового) метаморфизма железисто-кремнистых пород региона.

Новые данные о высокотемпературном пиковом метаморфизме железистых формаций Карело-Кольской провинции свидетельствуют о более сложной, чем предполагалось ранее, метаморфической и, следовательно, тектоно-термальной истории региона.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (Проект № 14.В37.21.0609); Президента РФ (Проект МК-722.2013.5).

Углеродистые вещества как индикаторы условий формирования гидротермальных урановых и редкометалльных месторождений

Поцелуев А.А.

ТПУ, poceluevaa@tpu.ru

Термин углеродистые вещества (УВ) представляют собой широкий класс самородных образований углерода и соединений углерода с водородом. Они встречаются в различном физическом состоянии – твердом, жидком, газообразном.

Твердые углеродистые вещества (ТУВ) выявлены во многих гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях. Представлены они, главным образом, графитом, аморфным углеродом, антраксолитом и керитом. Редко встречаются оксалаты. Основными ТУВ грейзеновых редкометалльных месторождений является графит, а урановых месторождений в березитах и эйситах – антраксолит и керит (Поцелуев, 2010 и др.).

ТУВ входят в единую ассоциацию с основными рудными минералами (оксидами, сульфидами, сульфосолями, селенидами), образующимися в завершающие стадии основного этапа рудообразования. Они также встречаются в составе околорудных метасоматитов (эйситов, березитов, грейзенов). При этом в рудах отмечается значительное разнообразие самородных металлов – золота, серебра, свинца, меди, висмута, алюминия, меди, железа, олова, свинца, сурьмы, цинка и др. Содержание ТУВ в большинстве изученных месторождений увеличивается с глубиной, либо они встречаются только на глубоких горизонтах.

Различные типы ТУВ характеризуются близким изотопным составом. Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ составляет: в графитах -23.9; в антраксолитах -25.04; в керитах – -25.46‰. Отмечается тенденция «облегчения» изотопного состава углерода от графита к антраксолиту и далее к кериту, т.е. с увеличением содержания в ТУВ водорода, азота и кислорода.

Газообразные углеродистые вещества (ГУВ) встречаются в составе газов флюидных включений многих урановых и грейзеновых месторождений. Суммарная доля ГУВ в составе газов не велика, от 1 до 5%. Среди них основным компонентом является метан, но встречаются и более тяжелые газы вплоть до гексана. В малых, но уверенно определяемых количествах отмечаются угарный газ и водород. ГУВ отмечаются в составе флюидных включений минералов, главным образом, основного продуктивного этапа рудообразования, значительно реже и в меньших концентрациях они встречаются в дорудных образованиях и, как правило, отсутствуют в пострудных минеральных ассоциациях.

На детально изученных объектах установлено (Поцелуев, Рихванов, Владимиров и др., 2008 и др.), что с глубиной в рудных зонах заметно снижается общая флюидонасыщенность минералов, увеличивается концентрация угарного газа, ГУВ, водорода и появляются ТУВ (графит и аморфный углерод). С учетом эволюции состава флюидов находит объяснение появление аномалий благородных металлов в участках рудных тел, характеризующихся определенными концентрациями ТУВ.

Приведенные данные показывают, что ТУВ и благороднометалльная минерализация в рудах гидротермальных месторождений формировались из единого металлоносного флюида. В области транспортировки флюиды были безводными, преимущественно водород–углеводородными, содержащими металлоорганические комплексы. В области рудообразования в условиях ограниченного поступления в систему кислорода, происходило их частичное окисление, как следствие распад элементоорганических соединений, выделение в минеральную фазу ТУВ и самородных металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-00115).

Литература

Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Владимиров А.Г. и др. Калгутинское редкометалльное месторождение (Горный Алтай): магматизм и рудогенез / Под ред. А.А. Поцелуева. Томск: STT, 2008.

Поцелуев А.А. Углеродистые вещества в гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т.316. №1. С.16–23.

Золотоносные рудообразующие флюиды докембрия

Прокофьев В.Ю.¹, Наумов В.Б.²

¹ИГЕМ РАН, *vpr@igem.ru*; ²ГЕОХИ РАН, *naumov@geokhi.ru*

Глобальные тенденции изменения рудообразующих флюидов в истории Земли могут быть связаны как с процессом общей дифференциацией химического вещества планеты, так и с изменением во времени основных эндогенных рудообразующих процессов. Обычно флюидную эволюцию процесса рудообразования изучают для отдельных месторождений. Однако задача выявления глобальных хронологических тенденций в изменении параметров и состава рудообразующих флюидов в геологической истории не только имеет смысл, но и приобретает все большую актуальность. Наиболее перспективным в этом отношении представляется анализ флюидного режима разнообразных месторождений золота разного возраста, формировавшихся флюидами разной природы. По золоторудным месторождениям к настоящему времени опубликован обширный материал как о составе и параметрах рудообразующих флюидов, так и по оценкам возраста рудообразующих процессов. Нами выполнен анализ опубликованных литературных данных о параметрах и составе рудообразующих флюидов во флюидных включениях в минералах из руд докембрийских месторождений золота, имеющихся в отечественной и иностранной литературе. Для этого использована база данных ГЕОХИ РАН (составитель В.Б. Наумов), включающая на настоящий момент более 19500 публикаций по флюидным и расплавленным включениям в минералах и содержащая информацию об исследовании флюидных включений для более 1000 месторождений золота разного возраста из разных регионов мира.

Установлено, что архейские рудообразующие флюиды (возраст месторождений 2500–3200 млн. лет) характеризуются температурой от 445 до 95°C, концентрацией солей от 49.8 до 0.4 мас.% экв. NaCl и плотностью 1.25–0.35 г/см³. В составе флюидов зафиксированы H₂O, NaCl, CO₂, H₂S и CH₄. Флюиды в период рудоотложения часто были гетерогенными, т.е. состояли из сосуществующих фаз водного раствора и газа. Оценки давлений по включениям гетерогенных флюидов составили от 4470 до 330 бар в температурном интервале 400–185°C. Палеопротерозойские рудообразующие флюиды (возраст месторождений 1600–2500 млн. лет) характеризуются температурой от 500 до 74°C, концентрацией солей от 56.0 до 0.1 мас.% экв. NaCl и плотностью 1.21–0.44 г/см³. В составе флюидов зафиксированы H₂O, NaCl, CO₂, N₂ и CH₄. Флюиды также часто были гетерогенными. Рассчитанные по включениям гетерогенных флюидов давления изменялись от 6500 до 500 бар в температурном интервале 500–220°C.

Неопротерозойские рудообразующие флюиды (возраст месторождений 540–1600 млн. лет) характеризуются температурой от 400 до 80°C, концентрацией солей от 28.3 до 0.1 мас.% экв. NaCl и плотностью 1.09–0.54 г/см³. В составе флюидов зафиксированы H₂O, NaCl, CO₂, и CH₄. Флюиды также часто были гетерогенными. Оценка давлений по включениям гетерогенных флюидов изменялись от 3000 до 850 бар в температурном интервале 400–218°C. Таким образом, для докембрийских рудообразующих флюидов различных эр и периодов установлены определенные, вполне значимые различия по физико-химическим параметрам и составу, показывающие изменение параметров и состава золотоносных рудообразующих флюидов в докембрийской геологической истории. Максимальные величины температур (500°C), давлений (6500 бар) и концентраций солей (56.0 мас.%) зафиксированы для флюидов палеопротерозойских месторождений. В составе этих же флюидов часто наблюдается азот высокой плотности, отсутствующий как в архейских, так и в неопротерозойских флюидах. Для архейских флюидов характерны несколько меньшие температуры (до 400°C), давления (до 3600 бар) и концентрации солей (до 49.8 мас. %). Интересно, что в газовой фазе этих флюидов на некоторых месторождениях установлен плотный сероводород, не описанный во флюидах других эпох. Флюиды неопротерозойского возраста достигают таких же температур (до 400°C), меньших давлений (до 3000 бар) и концентрации солей (до 28.3 мас.%). Во включениях плотных газов не находили ни сероводород, ни азот, а только углекислоту и метан – газы, характерные для флюидов золоторудных месторождений всех возрастов. Существуют разные представления о происхождении азота в атмосфере Земли (Сорохтин, Ушаков, 2002 и др.). Существуют представления о поступлении части азота в атмосферу при дегазации из мантии на геологической стадии развития Земли. Данные исследования золотоносных рудообразующих флюидов подтверждают эту точку зрения и свидетельствуют об усиленной дегазации эндогенного азота в неопротерозое.

Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (проект 12-05-01083).

Литература:

Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М.: Изд-во МГУ, 2002. 560 с.

Формы нахождения золота в эпитермальных рудообразующих флюидах

Прокофьева А.В.¹, Гричук Д.В.²

¹ИГЕМ РАН, *aprokofyeva@yandex.ru*; ²МГУ, *dgrichuk@yandex.ru*

По современным представлениям, перенос Au в гидротермальных растворах происходит в виде комплексных соединений. На основе экспериментальных данных по растворимости Au получены термодинамические свойства для комплексов $\text{Au}(\text{HS})_2^-$, AuCl_2^- , AuOH^0 (Акинфиев и др., 2010), доминирующих в околонейтральных и щелочных растворах. Более 40 лет длится дискуссия о преобладающей форме Au в кислых гидротермальных флюидах, богатых H_2S . Такая обстановка соответствует условиям формирования эпитермальных месторождений типа «high sulfidation», являющихся важным промышленным типом месторождений золота.

По результатам многочисленных исследований, в кислой среде, богатой H_2S , преобладающими формами Au могут быть $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{O})^0$ и $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^0$. Согласно (Pokrovsky et al, 2009), эти формы можно различить, если эксперименты проведены в широком диапазоне $P(\text{H}_2\text{S})$. Однако константы диссоциации $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^0$, полученные при обработке экспериментальных данных из работы (Pokrovsky et al, 2009), имеют слишком большую погрешность для целей моделирования. Задача выбора преобладающей формы Au и определения ее термодинамических свойств была решена путем совместной обработки данных из работ (Stefansson et al, 2004) и (Pokrovsky et al, 2009). Учитывая большую область преобладания комплекса $\text{Au}(\text{HS})_2^-$, сначала были уточнены его свойства по данным о растворимости Au (Stefansson et al, 2004), полученным в околонейтральной области. С помощью программы Ю.В. Шварова OptimA были получены оптимальные значения $g(T)$ реакций диссоциации для температур 100–450°C и параметры модели Брызгалкина-Рыженко (Крайнов и др., 2004) для этого комплекса. Затем по данным (Акинфиев, Зотов, 2010), полученным в кислых растворах, была проведена аналогичная оптимизация констант диссоциации в двух вариантах: в предположении существования комплекса $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{O})^0$, либо $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^0$. Наконец, решались прямые термодинамические задачи по растворению Au для условий опытов (Pokrovsky et al, 2009) в обоих вариантах. На рис.1. видно, что экспериментальные данные хорошо воспроизводятся как в кислой, так и в нейтральной областях для модели с комплексом $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^0$, и не согласуются с расчетом для модели с комплексом $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{O})^0$. Таким образом, установлено, что в гидротермальных растворах с $\text{pH} < 4$ и $a(\text{H}_2\text{S}) \geq 0.03$ преобладающей формой нахождения Au является комплекс $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^0$.

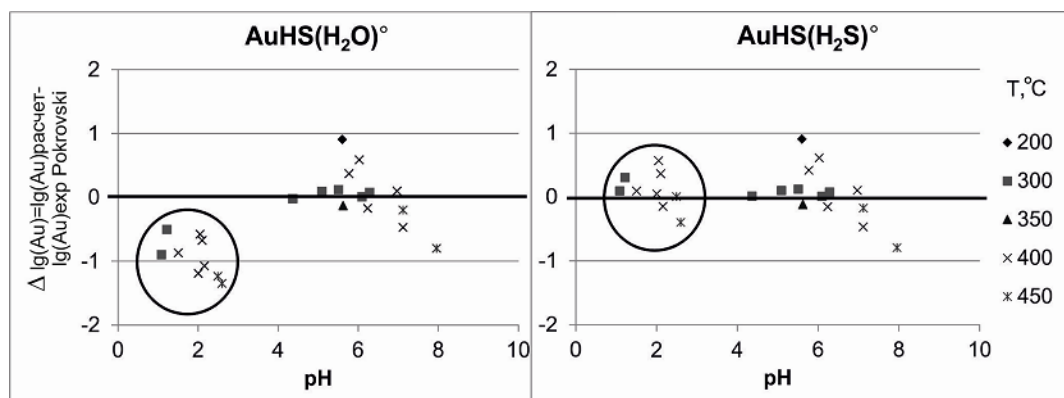


Рис.1. Отклонение расчета от экспериментальных данных (Pokrovsky et al, 2009) в зависимости от pH.

Полученные данные позволяют проводить термодинамическое моделирование поведения Au для обстановок формирования эпитермальных месторождений типа «High sulfidation».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-00033) и гранта Президента по ведущей научной школе (НШ-3020.2012.5).

Литература

Акинфиев Н.Н., Зотов А.В. // Геохимия. 2010. №7. С.761–767.

Pokrovsky G.S. et al. Geochim. et Cosmochim. Acta. 2009. V.73. №18. P.5406–5427.

Stefansson A., Seward T.M. Geochim. et Cosmochim. Acta. 2004. V.68. № 20. P.4121–4143.

Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец М.Н. Геохимия подземных вод. М.: Наука, 2004.

Ликвационно-флюидалные золото-сульфидно-кварцевые месторождения, ассоциирующие с малыми интрузивами и дайковыми комплексами

Рафаилович М.С.

Институт природных ресурсов ЮГГЕО, mrafailovich@mail.ru

Парагенезис «малые интрузивы-дайки-месторождения золота» представляет с самостоятельную морфогенетическую группу рудогенерирующих мезотермальных систем, формирующихся по модели ликвационно-флюидалной («ликвационно-полимерной») дифференциации (Нарсеев и др., 1983; Шило, 2002; Горячев, 2005; Рафаилович, 2009 и др.). В докладе в сравнительном плане приводится описание месторождений золота подобного типа, сопряженных с малыми интрузивами гранитоидов повышенной основности и дайковыми комплексами пестрого состава (Акбакай, Бестобе и Жолымбет в Казахстане, Березовское на Среднем Урале, месторождения Востока России и др.).

Потенциал таких рудно-магматических систем реализуется при условиях: длительного функционирования очаговых структур со стационарным тепловым потоком; высокой насыщенности флюида CO_2 , H_2O , Au и другими компонентами; ассимиляции магмой специализированных осадков, обогащенных остаточными водами, газами, углеродистым веществом, карбонатами, сульфидами; наличия экранирующих поверхностей, надвигов, зон смятия. В зависимости от концентрации флюидной фазы, РТ-параметров, механизма взаимодействия магмы и вмещающей рамы, рудное вещество отделяется от алюмосиликатного расплава на различных глубинных уровнях, предопределяя тем самым многообразие форм и видов связей магматизма и оруденения (генетическая, парагенетическая, структурная, временная) и масштабность месторождений. Признаки сходства рассмотренных месторождений: формирование в активные стадии тектогенеза (островные дуги, периферийные вулканоплутонические пояса, зоны коллизии); связь с сутурами и шовными зонами; парагенезис со специфическими структурными элементами (области дробления и милонитизации, сочленения глубинных разломов, взбросы, надвиги, кольцевые разрывы, пликативные деформации); тесная связь с поясами гипабиссальных малых интрузивов и даек габбро-диорит-диорит-гранодиорит-плагиигранитового ряда; условия преобладающего растяжения при ведущей роли хрупких деформаций (сколы, отрывы); анизотропный вулканогенно-терригенный или терригенный тип разреза с признаками сингенетической минерализации и поздними проявлениями березитизации-лиственитизации; два промышленных типа руд: 1) слабо- и умеренносульфидные маломощные кварцевые жилы лестничного, диагонального и продольного типов со средними, повышенными и высокими содержаниями Au, часто с рудными столбами и самородками, 2) линейные, изометрические и неправильной формы сульфидизированные и окварцованные тела с преобладающей тонкой формой Au (содержания первые г/т): минерализованные березиты, эксплозивные брекчии, штокверки; существенная роль полиметаллических сульфидов, сульфоантимонитов, теллуридов, висмутовых минералов; разнообразие генераций кварца, карбонатов, пирита, арсенопирита, блеклых руд, самородного Au; текстуры выполнения трещин, замещения, крустификации; фазовая неоднородность минералов; коррозионные явления; типоморфизм самородного Au (умеренная, высокая и очень высокая пробность, сочетания тонкодисперсных, мелких, средних и крупных выделений, множество форм – губки, пластинки, кристаллы, дендритоиды, сростки); контрастная структурно-морфологическая, минералогическая и геохимическая зональность; значительный вертикальный рудный диапазон – до 1.5–2.0 км.

Литература

Горячев Н.А. Дайки и золотое оруденение: генетическая или парагенетическая ассоциация // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2005. №1. С.36–43.

Нарсеев В.А., Левитан Г.М., Шер С.Д. Условия реализации рудоносности потенциально золотоносных магматических комплексов складчатых областей Урало-Монгольского пояса // Металлогения Урало-Монгольского складчатого пояса. Т.5. Алма-Ата. 1983. С.10–12.

Рафаилович М.С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. Алматы, 2009.

Шило Н.А. Учение о россыпях. Владивосток: Дальнаука, 2002.

Железооксидно-медно-золото-редкометалльный таскудукский тип штокверкового оруденения в Казахстане

Рафаилович М.С., Шевчук С.И.

Институт природных ресурсов ЮГГЕО, mrafailovich@mail.ru

Железооксидно-медно-золото-редкометалльный таскудукский тип оруденения – нетрадиционный вид крупнообъемной промышленной минерализации в Казахстане. Эталонное месторождение Таскудук выявлено в фундаменте Шу-Сарысуйской депрессии под чехлом рыхлых отложений средней мощностью 130 м в процессе глубинного геологического картирования, сопровождавшегося комплексом геофизических, геохимических и буровых работ (Казгеофизтрест, 70-80-е годы прошлого столетия). Штокверковое рудное тело комплексного состава (Fe, Au, Cu, Sn, W, Mo) вскрыто при разбуривании контрастной магнитной аномалии (до 1300 нТл).

Месторождение Таскудук локализовано в Сатырбай-Сункаринской сдвига-надвиговой шовной зоне северо-западного простирания, являющейся погребенным под рыхлыми осадками юго-западным ответвлением региональной Жалаир-Найманской сутуры офиолитового типа. Домезозойский фундамент сложен эффузивами основного состава, карбонатными породами и зеленокаменными сланцами кембрия, прорванными гранитным массивом Таскудук и дайками кислого состава средне-верхнедевонского возраста (жельтауский комплекс). В рудоносной зоне отмечаются частые обломки оливинсодержащих серпентинизированных основных и ультраосновных интрузивных пород. Важными элементами рудоконтроля являются: милонитизация пород, серпентинитовый меланж, тектонические брекчии, остроугольные и штоковидные выступы гранитного массива в эффузивно-сланцевой среде, крупномасштабные метасоматические процессы, тела плоской морфологии (дайки, кварцевые жилы). Комплексный ореол динамометаморфических, контактово-метасоматических, пневматолитовых и гидротермально-метасоматических изменений приурочен к коленообразному прогибу кровли Таскудукского интрузива. Основные типы пневмато-гидротермальных изменений: серпентинизация и оталькование офиолитов, скарнирование известковистых пород (магнетит, гранат, пироксен, амфиболы, скаполит, хлорит), грейзенизация (светлые слюды, кварц, турмалин, флюорит), пропилитизация (эпидот-цоизит, хлорит, карбонаты, кварц, барит, сульфиды).

Крутозалегающий рудоносный штокверк, вскрытый двумя буровыми скважинами, локализован в надинтрузивной зоне Таскудукского массива. Стволовая мощность штокверка не менее 80-90 м, истинная мощность первые десятки метров. Основные разновидности руд – сплошные и густовкрапленные, часто дробленые мартит-магнетитовые и магнетит-хлоритовые метасоматические образования, в разной степени «пропитанные» серными и медными колчеданами с золотой и редкометалльной минерализацией. Минералы-индикаторы – железооксидные соединения (гематит, мушкетовит, магнетит), халькопирит, самородное золото, шеелит, молибденит, касситерит, висмутиды, самородное серебро. Геохимический спектр Таскудука составляют Au, Cu, Fe, Mo, W, Sn, Bi, Ag, Zn, Pb, As, Te, Co, Ni, Mn, Ti, V, U, Ba, Hg. Промышленный интерес представляют (в скобках среднее и максимальное содержания): Au (первые г/т и 41.5 г/т), Cu (0.25–0.30 и 1.80%), Fe (40.0 и 75.0%), Sn (0.42 и 3.82%), W (0.32% и 3.19%), Mo (0.05 и 0.58%). Попутные полезные примеси, среднее содержание: Bi 490 г/т, Co 0.018 %, Ag первые г/т. Наиболее часто встречающиеся классы концентраций: Fe 40–50 %, Cu 0.1–0.35 %, Au 0.1–3.0 и 6.0–20.0 г/т, Sn 0.2–0.6 %, W 0.06–0.6 %, Mo 0.01–0.1 %. Таскудукский тип мы рассматриваем как важную и слабо исследованную высокоперспективную разновидность семейства IOCG (Iron Oxide-Copper-Gold type) на территории Казахстана и Центральной Азии (Рафаилович, 2011; Рафаилович, Шевчук, 2012).

Литература

Рафаилович М.С. Нетрадиционные типы минерального сырья – альтернатива минерально-сырьевой базы золота Казахстана // Руды и металлы. 2011. №3–4. С.141.

Рафаилович М.С., Шевчук С.И. Железооксидно-медно-золото-редкометалльный тип штокверкового оруденения в Южном Казахстане // Горный журнал Казахстана. 2012. №3. С.4–8.

Минералого-геохимические типы золоторудной минерализации на полиформационных месторождениях восточного Забайкалья

Редин Ю.О.

ИГМ СО РАН, redin.u@mail.ru

Руды полиформационных месторождений Восточного Забайкалья сложены самостоятельными и разноэтапными, часто оторванными по времени формирования, типами оруденения. Для них характерны два генетических типа золоторудной минерализации: плутоногено-гидротермальный и эпитеpmальный. Наличие нескольких типов золоторудной минерализации на месторождениях, совмещения с эпитеpmальным оруденением, придает рудам полистадийный и телескопированный характер минерализации. К группе плутоногено-гидротермальных относятся Au-Cu, Au-As, Au-Bi и Au-Pb-Zn типы золоторудной минерализации, к эпитеpmальной – Au-Ag и Sb-Hg. Обобщенную схему последовательности формирования минеральных ассоциаций можно представить в следующем виде: Au-Cu – Au-As – Au-Bi – Au-Pb-Zn – Au-Ag – Sb – Hg. Наиболее полно ряд проявлен на крупных месторождениях (рудных узлах). Яркими примерами пространственного совмещения разных генетических типов оруденения являются Лугоканское, Серебряное, Солонечинское, Савкинское месторождения. На Лугоканском месторождении проявлены Au-Cu, Au-Bi типы оруденения, на которые накладываются более поздние и низкотемпературные Au-Ag-Hg и Sb-Hg. Au-Cu (золото-скарновый) тип оруденения представлен высокопробным (910 ‰, Hg до 0.35%) самородным золотом, в ассоциации с пирротином и халькопиритом. Au-Bi тип оруденения (с Cu) представлен самородным золотом (750–890‰) в ассоциации с висмутином, арсенопиритом (As/S – 1.1), эмплектитом, виттихенитом, соучекитом, козалитом, ширмеритом, галенитом и самородным висмутом и относится к висмут-сидерит-полисульфидному типу. На Серебряном месторождении проявлен несколько иной Au-Bi тип оруденения: Au-Bi (с Te) представлен самородным золотом (730–820‰, Hg до 0.6%), арсенопиритом (As/S – 1.16), пирротином, висмутином, жозеитом В, ингодитом, мальдонитом, леллингитом и относится к висмут-арсенидно-сульфоарсенидному типу. Для Au-Pb-Zn типа оруденения (Серебряное месторождение) характерно золото, связанное с ассоциацией более поздних сульфидов – пиритом, галенитом, сфалеритом, блеклой рудой. Пробность золота составляет 800–860‰, примесь ртути около 0.6%. Au-As тип оруденения проявлен на Солонечинском и Савкинском месторождениях. Для него характерен Au, As, (\pm Sb, \pm Hg) геохимический профиль и сходный минеральный состав руд: высокопробное золото (900–960‰), арсенопирит (As/S – 0.91), пирит, редко встречаются сфалерит, галенит, халькопирит. Эпитеpmальное (Sb и Sb-Hg) оруденение оторвано по времени формирования от всех других типов оруденения и относится к более позднему этапу рудообразования. Оно является наиболее поздней низкотемпературной минеральной ассоциацией, наложенной на ранние сульфидные золотосодержащие руды. В результате такого совмещения возникают комплексные Au-As-Sb-Hg месторождения (Савкинское и Солонечинское). Еще одним типом эпитеpmального оруденения является Au-Ag-Hg. Для него характерен Au, Ag, Cu, Hg, (\pm Sb) геохимический профиль, рудные минералы представлены самородным золотом низкой пробности (электрум) (390–660‰, Hg до 2.2%), кюстелитом (Hg до 1 ‰), вейшанитом, киноварью, сульфосолями Sb и Pb, антимонитом. Изотопный состав серы сульфидных минералов ($\delta^{34}\text{S}$) утяжелен относительно метеоритного стандарта: для плутоногено-гидротермальных месторождений – Au-Cu (+3.8 – до +4.1), Au-As (+1.1 – +9.5‰), Au-Bi (+2.8 – +3‰), Au-Pb-Zn (+2 – +4.9‰); для эпитеpmальных Sb (+3.9 – +14.1), что свидетельствует о глубинном (мантийно-коровом) источнике серы рудных минералов. Утяжеление изотопного состава серы Au-As (Савкинское) может быть объяснено заимствованием сульфатной серы из морских кембрийских карбонатно-терригенных отложений. Имеющиеся к настоящему времени изотопно-геохронологические данные позволили выделить два этапа формирования месторождений золота: средне-позднеюрский коллизионный (плутоногено-гидротермальные) и позднеюрский-раннемеловой рифтогенный (эпитеpmальные).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 13-05-00998).

Транспорт и концентрирование металлов в зоне гипергенеза геотермальных систем (Южная Камчатка)

**Рычагов С.Н.¹, Давлетбаев Р.Г.¹, Королева Г.П.², Кравченко О.В.¹,
Нуждаев А.А.¹, Сергеева А.В.¹, Соколов В.Н.³, Таусон В.Л.², Чернов М.С.³,
Щегольков Ю.В.⁴**

¹*ИВУС ДВО РАН, rychn@kscnet.ru;* ²*ИГХ СО РАН, korol@igc.irk.ru;*

³*Геологический факультет МГУ, sokolov@geol.msu.ru;*

⁴*ФГУП ЦНИГРИ, schegolkov@inbox.ru*

Постановка работы определяется актуальностью фундаментальной научной проблемы – изучение условий транспорта и механизмов концентрирования металлов в газо-гидротермальных (геотермальных) системах. Исследования выполняются на примере Паужетско-Камбально-Кошелёвского геотермального (рудного) района Южной Камчатки. Предметом изучения является зона гипергенеза пародоминирующих геотермальных месторождений и крупных природных термоаномалий. Большое значение для понимания современных рудообразующих процессов имеет детальное изучение толщи гидротермальных глин, перекрывающих вблизи дневной поверхности зону восходящего потока металлоносных флюидов. Толщи служат верхним водоупором в структуре геотермальных систем, тепловым экраном и комплексным геохимическим барьером ряда металлов. В работе рассмотрены: особенности состава, строения (от макро до микро- и наностроения) и условия формирования гидротермальных глин в различных физико-химических обстановках; состав и свойства проточных и поровых гидротермальных растворов, условия и механизмы их взаимодействия с минеральными фазами; растворимость и формы переноса Fe, Au, Ag, Hg, Cu, Zn, др. металлов при различных параметрах геотермальной среды. Обращается внимание на особые сорбционные свойства тонких минеральных плёнок различного состава, образующихся на поверхности кристаллов пирита, как отражение влияния металлоносного флюида на процесс минералообразования в зоне гипергенеза геотермальных систем. Помимо этого отмечается присутствие многочисленных участков минеральных наноструктур различных типов, сложенных наночастицами глинистых минералов, обладающих огромной удельной поверхностью и также оказывающих большое влияние на адсорбционную активность гидротермальных глин.

В целом, на большом фактическом материале показано, что в современных высокотемпературных газо-гидротермальных системах реализуются процессы, изучение которых может иметь значение для реконструкции условий формирования эпи- и мезотермальных Au-Ag-полиметаллических месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 13-05-00262а, 12-05-31343-мол_а, 12-05-31210-мол_а).

К разработке генетического кода месторождений

Салихов В.С.

ЗабГУ, salihovvs41@inbox.ru

Стратегия поисково-разведочных и оценочных работ определяется степенью и полнотой разработки генетического кода исследуемой рудоносной площади – месторождения, рудного поля или узла, их ДНК, с целью познания эволюции рудогенеза.

Расшифровка генетического кода, «генов» месторождений базируется на типоморфных минералах и их типоморфных признаках. История зарождения и бытия месторождений наиболее отчетливо отражена в зональных минералах (порядок чередования слоев), дешифрируемые электронно-зондовыми и изотопно-геохимическими методами.

Особо информативными являются «сквозные» минералы (кварц, флюорит и др.), в которых читается летопись на всю или большую часть бытия флюидно-рудно-магматической колонны, с фиксацией наиболее благоприятных мест рудолокализации, глубины их эрозионного среза и др.

Объемная прогнозно-поисковая модель месторождения или рудного поля, построенная с учетом генетического кода, является наиболее оптимальной технологической схемой реализации геолого-разведочного процесса, расширения сферы деятельности горно-рудных предприятий, прежде всего, за счет флангов и глубины.

Каждое месторождение – специфический набор генов которые управляют всеми физико-химическими и термодинамическими процессами самоорганизующейся (эволюционно развивающейся) флюидно-рудно-магматической системы.

Гены в виде типоморфного признака-индикатора могут быть ответственными за какую-либо деталь или параметр месторождения: содержание главных рудных элементов, их концентрации, элементов-примесей, масштаба месторождения, мощности рудных тел и др. или за формирование, в целом, геолого-промышленного типа месторождения (совокупность генов).

Стресс – повышает активность генов, типоморфные признаки становятся более рельефными. Стресс будируется геодинамической активностью и способствует скачкообразному рудоотложению в резонансных зонах. Стрессовые «метки» фиксируются в зональных минералах, в том числе в виде различных дефектов.

Зональное строение минералов подчеркивает волновой характер и волновую природу порождающей энергии, источники которой, вероятнее находятся во вне флюидно-рудно-магматической системы и передаются импульсами (квантами) из Космоса, следствием чему является «дыхание» ядра Земли т.е. проявляется дуализм геолого-геофизической среды.

Успешному созданию генетического кода (геном) месторождений, их генетических паспортов, способствуют данные по современному рудообразованию (природных лабораторий), установленные в гидротермально-магматических системах активных зон дна Мирового океана (Тихий и Атлантический), в которых изучены типоморфные особенности минералов первых ступеней их возникновения.

Геологическая среда нелинейная и самоорганизующаяся, равно как и зональные минералы (ритмично-полосатые) образуются по законам синергетики и, в том числе, в соответствии с волновыми колебательными реакциями в химии, установленные В.П.Белюсовым (1952г.).

Техногенное минералообразование и его роль в техноэкологии

Самонов А.Е.¹, Мелентьев Г.Б.²

¹ИГЕМ РАН, aesam@igem.ru; ²ОИВТ РАН, melent_gb@mail.ru

Проблема глубокой переработки техногенных ресурсов России, накапливаемых со времен СССР предприятиями ГПК, ХМК и ТЭК, в настоящее время приобретает особую актуальность. Ключевая роль в ее решении принадлежит минералого-геохимическим исследованиям и инновационным технологическим разработкам, которые позволяют решать две взаимосвязанные задачи – коммерциализации процессов ликвидации текущих и лежалых производственных отходов за счет получения из них и реализации различной высоколиквидной продукции и экологизации указанных производств путем использования новейших технологий для снижения негативного воздействия производственных процессов и связанных с ними поликомпонентных выбросов, складированных твердых отходов и промстоков на среду обитания.

В качестве примеров исследований, выполненных в указанных целях, авторы приводят результаты изучения в ИГЕМ РАН минеральных новообразований в фосфогипсе как объемном отходе сернокислотной переработки хибинского апатита на Балаковском заводе минеральных удобрений (БМУ) и результаты разработки обогатительно-передельной схемы переработки шлакозольных отходов (ШЗО) Троицкой (Ю. Урал) и Каширской ГРЭС, использующих, соответственно, высокоглиноземистое угольное сырье Экибастуза и уголь Кузбасса.

Исследования образцов фосфогипса (свежего и лежалого) из отвалов БМУ позволили впервые выявить в среднетяжелой ($2.3\text{--}2.8\text{ г/см}^3$) и тяжелой ($>3\text{ г/см}^3$) минеральных фракциях фосфогипса новые совершенно уникальные минеральные составы: а) мелкочешуйчатые (снеговидные) выделения стронцийсодержащего гипса на крупных кристаллах минералов (гипса, кварца, сфена и эгирина) с содержанием стронция от 1.3 до 4.73%; б) мелкие коллоидные выделения также на более крупных кристаллах разных минералов, в химическом составе которых установлены редкие металлы – стронций до 18–20% и церий от 1.5 до 2.2%; в) мелкокристаллические (игольчатые и нитевидные) новообразования редкоземельного сульфата стронция ($\text{Sr}(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}\dots)\text{SO}_4$) с содержанием стронция от 23.3 до 35.6%, церия 1.1–2.8%, лантана 1.71–1.78% и неодима – до 1.42% – техногенный редкоземельный целестин; г) скрытокристаллическая минерализация, условно диагностируемая как редкометалльный фосфат-силикатный гель с содержанием фосфора 9.3–16.2%, стронция до 12.2% и РЗЭ (La, Ce, Nd...) до 22%) Выявление новообразованных и, возможно, видоизменяющихся в условиях складирования минеральных фаз фосфогипса позволяет оценить перспективу его промышленного использования и создания безотходных технологий комплексной переработки.

Инновационная технология глубокой и полной переработки зольных уносов угольных ТЭС, разработанная в ОИВТ РАН при поддержке Президиума РАН (2008–2010 гг.) и корпорации «ИнтерРАО ЭЭС» позволяет последовательно, после термообработки исходного материала, получать следующие продукты: 1) магнитный железосодержащий концентрат (до 60% Fe_2O_3); 2) флотационный углеродный концентрат («недожог»), подлежащий возврату в котел ТЭС и позволяющий сократить расход угля до 20%; 3) глиноземный концентрат (39–46% Al_2O_3 и 26–36% SiO_2); 4) белитовый шлам 2-х сортов – «цементный» и «керамический».

С изложенных позиций становится очевидной своевременность введения А.Е. Ферсманом понятия «минералогия техногенеза», значимость которого наиболее ярко была доказана Б.В.Чесноковым, обнаружившего в терриконах горелых углей Челябинского бассейна до 40 минералов. К сожалению, пока подобные исследования так же как изучение и оценка складированных техногенных ресурсов не получили в нашей стране системного развития в связи с отсутствием необходимой финансовой поддержки со стороны бизнеса и власти.

Однако, в настоящее время в связи с повышенным вниманием науки и некоторых структур к техногенным ресурсам, вплоть до проявления инициатив в МПР РФ и Госдуме применительно к проблеме использования и ликвидации отходов угольных ТЭС, возникает необходимость в составлении межведомственной комплексной программы изучения и оценки поликомпонентного состава отходов сопряженных производств ГПК, ХМК и ТЭК с одновременными разработками и выбором оптимальных технологий их переработки. Привлечение к решению этой крупной народнохозяйственной проблемы представителей бизнеса, (владельцев предприятий-загрязнителей), представляется необходимым и возможным путем расчетов реальной извлекаемой ценности техногенных ресурсов, выявления и оценки потребительского спроса на ожидаемую продукцию, превращения рекомендуемой экологизации рассматриваемых производств в непрерывный процесс инновационно-технологического саморазвития и совершенствования существующих законов о недрах и отходах.

Цикличность твердофазной и жидкофазной миграции и кластеризации золота в зонах ТМА

Секисов А.Г., Манзырев Д.В.

ЧФ ИГД СО РАН, sekisovag@mail.ru

В полях тектонических напряжений, как показывают современные геомеханические исследования, накопленная массивом горных пород энергия реализуется первоначально в генерации в нем волн так называемого маятникового типа (по чл.-корр. РАН В.Н.Опарину). При этом на динамических границах зон сжатия и растяжения создаются условия для твердофазной диффузии рудообразующих элементов и, в частности, золота. При смене сжимающих напряжений растягивающими, относительное смещение атомов кристаллических решеток, в соответствии с принципом Гейзенберга, приводит к росту неопределенности их локализации, т.е. создаются условия для передислокации атомов золота из междоузлий и их постепенного перемещения к поверхностям минеральных частиц. При этом осуществляется и формирование дефектных структур различных пространственных уровней организации, являющихся центрами роста микротрещин. Микротрещины, заполняемые поровыми водами, формируют «транспортную систему» для последующей миграции рудообразующих элементов в водной среде. При смене растягивающих напряжений сжимающими, микротрещины «залечиваются» и осуществляется внедрение ионов растворенных в поровых водах элементов в кристаллическую решетку минералов и, соответственно, вынос в поровые воды основных минералообразующих элементов. В пленочной воде в момент прохождения через двойной электрический слой гидратированных ионов, осуществляется интенсивная диссоциация ее поляризованных молекул на протоны и гидроксил-ионы, а также образование атомарного водорода и гидроксил-радикала (OH^*). Гидроксил-радикалы, атомарный водород, протоны и гидроксил ионы активно диффундируют во внутренние слои кристаллической решетки рудных минералов. Эти частицы могут вступать в химические реакции с атомами минералообразующих и примесных элементов или передавать им импульсы, инициируя их направленную передислокацию в кристаллической решетке. Рассеянное в минерале-концентрате золото может вступать во взаимодействие с гидроксил-радикалом и с атомарным водородом, образуя миграционно-активные соединения: $\text{Au}^* + \text{OH}^* = \text{AuOH}^*$, $\text{Au}^* + \text{H}^* = \text{AuH}^*$

Гидроксидный комплекс золота может далее мигрировать в водной фазе по системе микротрещин до следующего цикла их закрытия. При этом в твердой фазе могут образовываться кластерные формы золота: $n\text{AuOH} = (n-m)\text{Au}^*m(\text{AuOH}) + (n-m)\text{OH}^*$, $(n-m)\text{Au}^*m(\text{AuOH}) = n\text{Au} + m\text{OH}$.

Литература

Опарин В. Н., Сашурин А. Д., Кулаков Г. И. и др. Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.

Закономерности распределений золота в рудах месторождений преобразованных процессами метаморфизма

Сендек С.В.

Горный университет, sendek-sv11@yandex.ru

В полихронных большеобъемных многостадийных золоторудных месторождениях Северо-Востока России (Нежданинское, Наталкинское, Утинское, Игуменовское, Родионовское и др.) отчетливо проявлены процессы внутрирудного метаморфизма, когда ранние продуктивные на золото парагенезисы минералов преобразуются и видоизменяют первичную природу золотоносности руды под действием поздних рудообразующих стадий. Обобщенная модель такого метаморфизма сводится к последовательному высвобождению золота из сульфидных минералов, укрупнению и перекристаллизации зерен золота (Вахрушева, Сендек, 2011) и его возможной миграции (Буряк и др. 2002). Закономерное отражение процессов метаморфических преобразований исходных золотосодержащих прожилково-вкрапленных руд обусловлено термодинамической упорядоченностью системы, известной под названием энтропии (Сендек, 2009). В основе энтропии лежит энергетическое состояние вещества. В соответствии со вторым началом термодинамики физическое и смысловое понятие энтропии выражается числом эквивалентных конфигураций (микросостояний), которые может принимать система, состоящая из большого числа частиц, не меняя своего макросостояния. Под макросостоянием в нашем случае понимается масса золота, у которого под действием меняющихся физико-химических условий рудообразования и внутрирудного метаморфизма преобразуется внутренняя структура путем перекристаллизации и перераспределения частиц золота. Количественная сходство или похожесть измененных элементов энтропии может быть оценена как среднеквадратичные отклонения от первоначального состояния. В нашем случае среднеквадратичные отклонения от общей массы золота в руде представлены увеличением массы золота крупных зерен за счет уменьшающихся тонких и мелких. В качестве меры количественной, массовой величины золота в руде мы использовали известный в геологической практике «метрограмм» с размерностью г·м/т, использующийся для подсчета запасов золота в рудных телах и определяющий количество, массу золота, приходящуюся на интервал опробования или мощность рудного тела. Чтобы оценить количественную изменчивость золота в процессе внутрирудного метаморфизма необходимо сравнить закономерности распределений массы металла, приходящиеся на тот или иной уровень концентраций золота в первичной и видоизмененной руде. Инструментом этого анализа является градуированная логнормальная шкала (классы) концентраций золота, где для каждого выделенного класса концентраций определяются два параметра: количество анализируемых проб и суммарное количество (масса золота) метрограммов. Полученные результаты могут быть отражены в виде гистограмм или графиков. В процессе высвобождения золота из сульфидов и его перекристаллизации образуются не случайные, а закономерные количественные суммарные величины метрограммов в новых классах. Это выражается в количественно однотипном, равном распределении массы золота от класса к классу логарифмической нормальной шкалы концентраций. Выполненные нами исследования по перегруппировки массы золота в преобразованных метаморфизмом рудах месторождений свидетельствуют, что, например, в анализированном объеме рудной зоны Нежданинского месторождения не менее 30% массы золота преобразовано по этому термодинамическому закону, а на Наталкинском месторождении по отдельным горизонтам эта величина достигает 60–70%. По данным Н.А. Шило (Шило, 2000), в Инъяли-Дебинском синклинии 60.3% валового россыпного золота подчиняется закономерности энтропийного распределения. Подобное явление позволяет задумываться об источнике такого распределения золота и полагать, что, вероятнее всего, базовой основой для становления и формирования коренных и, как следствие, россыпных месторождений должны рассматриваться метаморфически преобразованные осадочные породы верхоянского комплекса, содержащих тонкое золото. Последующие метаморфизирующие процессы под действием гранитоидного магматизма способствовали мобилизации и полихронной перегруппировки.

Литература

Буряк В.А., Михайлов Б.К., Цимбалюк Н.Н. Генезис, закономерности размещения и перспективы золото- и платиноносности черносланцевых толщ // Руды и металлы. 2002. №6. С.25–36.

Вахрушева А.П., Сендек С.В. Внутрирудный метаморфизм и природные типы золотосодержащих руд // Зап.Горного ин-та. 2011. Том 194. С.60–67.

Реконструкция состава рудообразующего раствора перед вскипанием

Стрельцова Н.И.

ИГЕМ РАН, *ninaiov@igem.ru*

Восстановление физико-химических условий формирования рудных ассоциаций на месторождении любой формации является одной из важнейших задач исследования процессов рудообразования.

На месторождении Большой Канмансур оруденение связано с трещинами и зонами дробления различного масштаба, сопряженными с разломами. Формирование рудных тел происходило в период активизации тектонической деятельности, приводившей к подновлению ранее заложенных нарушений и формированию новых, что способствовало проницаемости трещинных зон для глубинных растворов. Падение давления при раскрытии трещин вызывало вскипание исходно гомогенного раствора с образованием высококонцентрированной жидкости и газовой фазы. Гетерогенизация раствора в результате его вскипания, считается одним из эффективных механизмов, ведущих к осаждению рудных ассоциаций.

Изучение газовой-жидких включений в кварце позволило оценить физико-химические условия в момент отложения руд, соленость раствора, равновесного и минералами кварц-гематит-хлоритовой стадии и концентрацию углекислоты (Бортников, 1995).

Разница величины мольной энтальпии H_2O в фазе пара и в ассоциирующей жидкости приводит к остыванию раствора при потере H_2O в пар. Bischoff и Pitzer показали, что степень охлаждения раствора зависит от количества перешедшей в фазу пара воды (Bischoff, Pitzer, 1985).

Задачей проведенного исследования было определение температуры рудообразующего раствора перед его вскипанием, оценка солености исходного раствора и концентрации в нем CO_2 .

Изменение температуры остаточного раствора, образующегося при отделении фазы пара от растворов с исходной соленостью 2, 5, 10, 15, 20 масс.% NaCl-экв., рассчитывалось в интервале 270–370°C.

Вычисления проводились с использованием программы Гиббс (Шваров, 1999). Термодинамические данные обеспечены базой SUPCRT92 (Johnson et al., 1992) и сведениями об устойчивости комплексов меди в водном растворе (Акинфиев, Зотов, 2001 г.).

Результаты расчетов показали, что вскипание раствора с соленостью 15 масс. % NaCl – экв. при температуре 365°C приводит к образованию фазы пара, твердой фазы – гематит (пирит) и раствора с соленостью 25 мас.% NaCl-экв. с температурой 271.7°C. Вскипание раствора с соленостью 20 мас.% NaCl-экв. при температуре 336°C приводит к образованию фазы пара, твердой фазы – гематит (пирит) и раствора с соленостью 25 мас.% NaCl-экв. с температурой 270.1°C.

Для растворов с соленостью 20 мас.% NaCl-экв и 15 мас.% NaCl-экв. оценены концентрации углекислоты в исходном растворе: $C_{0,365} = 0.991$ моль, $C_{0,336} = 1.148$ моль.

Литература

Бортников Н.С. Парагенетический анализ минеральных ассоциаций в рудах гидротермальных месторождений цветных и благородных металлов: Дис. ... д-ра геол.-мин. наук, 1995.

Bischoff J.L., Pitzer K.S. Phase relations and adiabats in boiling seafloor geothermal systems // Earth and Planetary Science Letters, 1985. v.75. I.4. P.327–338.

Shvarov Yu.V., Bastrakov E.N. HCh: a software package for geochemical equilibrium modelling. // User's Guide. Geoscience Australia Record 1999. №25. P.61

Johnson J.W., Oelkers E.H. and Helgeson H.C. SUPCRT92: A software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of minerals, gases, aqueous species, and reactions from 1 to 5000 bar and 0 to 1000°C // Computers & Geosciences, 1992. V.18. I.7. P.899–947.

Акинфиев Н.Н., Зотов А.В. Термодинамическое описание хлоридных, гидросульфидных и гидроксокомплексов Ag(I), Cu(I) и Au(I) в диапазоне температур 25–500°C и давлений 1–2000 бар // Геохимия. 2001. №10. С.1–17.

Полиформационные, полихромные, высококомплексные медно-порфиновые месторождения Срединного Тянь-Шаня (Узбекистан)

Турсебеков А.Х., Рафиков Я.М., Баранова Т.Н., Сайитов С.С.

ИГГ АН РУз, *ingeo@ingeo.uz*

Промышленные высококомплексные (Cu, Mo, Au, Ag, платиноиды, Pb, Zn, Se, Te, Re, Os²⁰⁷, In и др.) медно-порфиновые месторождения (Кальмакыр, Дальнее, Карабулак, Кызата, Сары-Чеку и др.) установлены в Кураминской активной континентальной окраине Срединного Тянь-Шаня. Самое уникальное и крупное по масштабам является единое месторождение Большой Кальмакыр (с участками Дальнее, Карабулак и С-3 Балыкты). Оно расположено в двух глубинных разломах и приурочено к сложному горсту, развитие которого связано с наличием эпицентра верхнепалеозойской тектоно-магматической активизации в массиве среднепалеозойских вулканитов и гранитоидов (содержащих ксенолиты осадочных пород О-S), и карбонатно-сульфатных пород (D₂-C₁) специализированных на Au, Cu, Pb, Zn, Ag, W и др.

В первый этап произошло развитие ранних брекчий, субвулканического тела риолитов (D₂) и рудных тел (Сары-Чекинский медно-порфиновый тип оруденения), генетически связанных с лейкократовыми гранитами D₂₋₃. Все эти образования локализованы в Центральной и нижних частях горста (которые вскрыты карьерами и глубокими скважинами), вне месторождения они выходят на дневную поверхность. Данные породы прорваны дайками гранодиорит порфиров (С₃-P₁). Контакты риолитов и карбонатно-сульфатных пород интенсивно брекчированы, окварцованы, карбонатизированы с золото-медно-молибденовой минерализацией (джеспироидный тип оруденения), ранее их считали «вторичными кварцитами».

Во второй этап произошло внедрение средне-основных магм, сиенито-диоритов, диоритов и габброидов (C₁) в виде залегающих на глубине крупных тел, рассекающих и ассимилирующих более древние гранитоиды и карбонатно-сульфатные породы (D₂-C₁), риолиты (D₂), метаморфические сланцы (О-S) и оруденение I этапа. С данными породами связано вкрапленное золото-медное-платиновое оруденение в диоритах и габброидах (C₁) и скарноидно-полиметаллическое оруденение на контакте интрузий и карбонатно-сульфатных пород (D₂-C₁).

В третий этап произошло образование поздних интрузивных брекчий и внедрение последовательных порций средней магмы застывших в виде залегающих на глубине штоков гранодиорит-порфиров (C₂³), и сложного комплекса даек (P₁) рассекающих все более ранние осадочно-метаморфогенные и магматические образования.

С четвертым этапом с дайками (P₁) возможно сформировались промышленные золото-серебряные, кварц-полисульфидные жильные системы (Актурпакский тип оруденения).

С выше перечисленными этапами связано проявление интенсивной пропилитизации, скарнирования, окварцевания, серецитизации, биотитизации, хлоритизации, карбонатизации, ангидритизации и др. прожилково-вкрапленного, штокеркового оруденения и формирование крупного многокомпонентного (установлено до 200 гипогенных минералов) высококомплексного супергиганта медно-порфинового месторождения Большой Кальмакыр.

Из руд месторождения извлекаются Mo, S, Cu, Au, Ag, Re, Se, Te. Потенциально извлекаемыми могут быть Fe, Ni, Co, Bi, платиноиды, In, Pb, Zn и др.

Медно-порфиговое месторождение Большой Кальмакыр в силу сложного и длительного, по времени, формирования, является полихронным и полиформационными. Он совмещает в себе разнотипные и разновозрастные руды: золото-джеспироидное, скарноидно-полиметаллическое, медно-порфиговое и золото-серебро-полиметаллическое жильного типа.

При формировании данного месторождения произошло совмещение во времени и в пространстве различных эпох оруденения: каледонского и герцинского.

Применительно к медно-порфиговым месторождениям Алмалыкского типа нами предлагается диоритовая модель их формирования (Холистер, 1974) вместо монзонитовой, которой придерживаются многие исследователи (Голованов и др., 1988, Силитоу, 1973 и др.).

Редкоземельно-редкометалльные руды (Б. Турупья, Северный Урал): время формирования

Удоратина О.В.¹, Травин А.В.², Вирюс А.³

¹ИГ Кому НЦ УрО РАН, udoratina@geo.komisc.ru; ²ИГМ СО РАН, travin@igm.nsc.ru; ³ИЭМ РАН, mukhanova@iem.ac.ru

Для тонкодисперсных руд (TR-Ta-Be-Nb) Большетурупьянского месторождения на Северном Урале установлена минеральная ассоциация, они отнесены к новому типу – бастнезит-колумбит-цирконовым.

Исследуемые руды представлены минералами ниобия и тантала: в основном колумбит – Fe-колумбит, Mn-колумбит, редких земель (бастнезит, монацит), циркон. На основании микронзондовых исследований установлено, что тонкодисперсный рудный комплекс приурочен к маломощным слюдястым (фенгитовым) прожилкам в слюдясто-карбонат-кварц-альбитовых сланцах. Фенгитовые прожилки насыщены тонкими нитеподобными выделениями циркона и изометричной формы зернами колумбита (рис.1а), наблюдаются приуроченные к ним участки, обогащенные бастнезитом и монацитом (рис.1б). Отмечается постоянное присутствие высокофтористого апатита (сод. F – 4–7 мас. %), содержание F в породе может достигать 4000 г/т.

Руды связаны с общим щелочным (натровым) изменением пород, а также карбонатацией и окварцеванием. Для них характерен бастнезит-колумбит-цирконовый состав, а также присутствие апатита и монацита. Форма выделения циркона и колумбита весьма своеобразная (рис.1а–б). Генетически подобные руды могут быть связаны с щелочными породами.

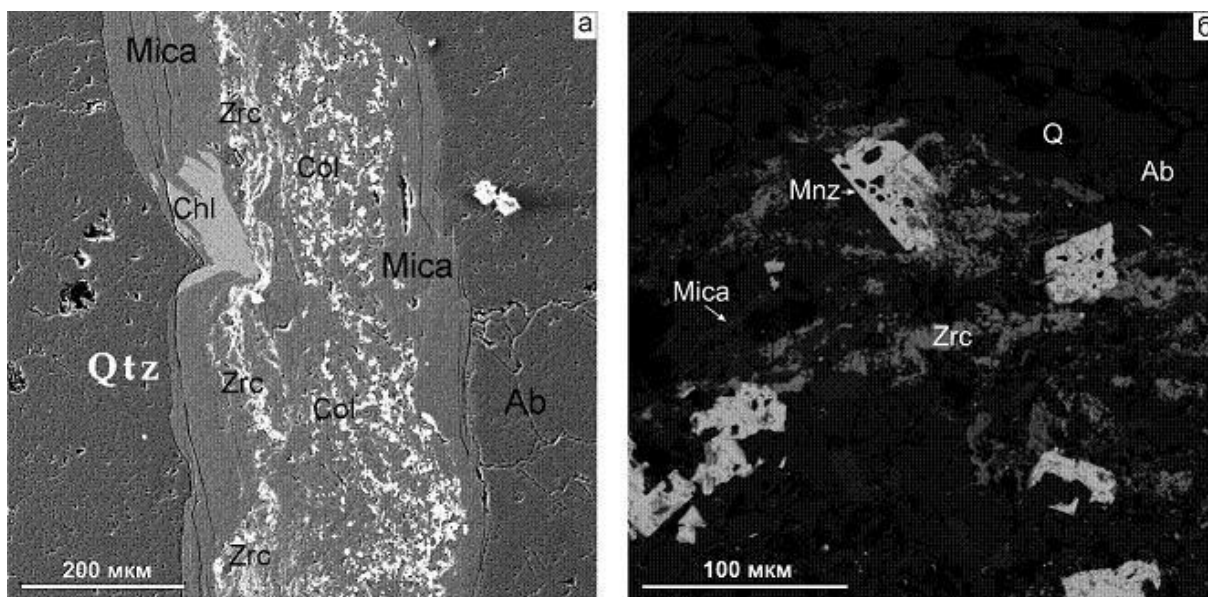


Рис.1. Слюдистые(mica) прожилки с колумбит(col)-цирконовыми(zrc) (а) и монацит(mnz)-цирконовыми (б) ассоциациями в кварц(Q)-альбит(Ab)-слюдястой породе.

Необычность сформированной ассоциации связана как с субстратом, так и со средой минералообразования. Форма выделения рудных минералов, их мелкодисперсность, формирование струйчатых, нитевидных выделений рудных минералов в рудосодержащих прожилках (исключительно слюдястого состава) все говорит о быстрой кристаллизации редкоземельно-редкометалльной ассоциации в резко неравновесной среде.

Специфическая минерализация локализована в вулканогенно-осадочных среднеордовикских отложениях. Время проявления рудных процессов является актуальным вопросом. Возраст установлен Ar-Ar методом по фенгиту рудонасыщенных прожилков и составляет 332.0 ± 2.2 . По монацитам из этих же прожилков получен возраст 280.4 ± 24.3 . (метод CHIME по результатам электронно-зондового рентгеноспектрального определения Th, U, Pb) и он близок Ar-Ar определениям. Полученные данные позволяют утверждать, что время формирования оруденения – карбон-пермское, соответствующее времени проявления коллизионных процессов на Урале.

Работа проводится при финансовой поддержке проекта № 12-П-5-1027.

Распределение галогенов (Cl и F) между магматическими расплавами и сложными водными флюидами по экспериментальным данным

Чевычелов В.Ю.

ИЭМ РАН, chev@iem.ac.ru

Обогащение магматических пород летучими компонентами, в особенности H_2O , Cl и F, является одним из обязательных условий образования связанных с магматизмом рудных месторождений. Роль флюидно-магматического взаимодействия чрезвычайно высока. Кристаллизация сухих алюмосиликатных расплавов и магм, насыщенных флюидными компонентами, происходит в различных режимах. Присутствие летучих компонентов может не только сильно понижать вязкость расплава и температуру кристаллизации, но и принципиально влияет на фазовые соотношения в расплавных системах, существенно смещая положение котектических линий и составы эвтектик на фазовых диаграммах.

(1) В докладе представлены **результаты экспериментального изучения растворимости хлоридов металлов (эффективной растворимости Cl) в модельных магматических расплавах в широком диапазоне составов** (условно моделирующих дациты, сиениты, щелочные базальты и др.) при изменении давления от 10 до 300 МПа и при температуре 1250°C. По отдельности рассмотрено влияние содержания каждого из таких распространенных петрогенных элементов, как Na, K, Ca, Mg, Sr и Ba, на содержание Cl в магматическом расплаве. Показано, что содержание хлора в исследованных расплавах изменяется в очень широком диапазоне от 0.2 до 4.7 мас.%. Увеличение содержания щелочноземельных элементов (особенно Ca) способствует более высокой эффективной растворимости Cl в расплаве по сравнению со щелочными элементами. В расплаве, обогащенном Na, содержание Cl - выше, чем в обогащенном K составе.

Результаты изучения эффективной растворимости Cl в модельных расплавах гранодиоритового, гранитного и лейкогранитного состава $T = 800-1000^\circ C$, $P = 100$ и 500 МПа и $\sim 1.1n$ хлоридном подкисленном составе флюида показывают, что содержание Cl в расплаве значительно возрастает с увеличением температуры, уменьшением давления и уменьшением содержания SiO_2 в составе расплава. Повышенная эффективная растворимость Cl (до $\sim 0.8-0.9$ мас.%) в гранодиоритовом расплаве при $P = 100$ МПа и $T = 1000^\circ C$, помимо вероятного присутствия солевой флюидной фазы, связана главным образом с изменением химического состава расплава, в частности, с его обеднением Si и обогащением Ca.

При $P = 100$ МПа и $T = 1000^\circ C$ исследована совместная растворимость Cl и H_2O в гранодиоритовом расплаве при его взаимодействии с водно-солевым флюидом, в широком диапазоне валовой концентрации флюида от 0 до ~ 98 мас.% хлоридов.

(2) Экспериментально изучена растворимость Cl-F-содержащих флюидов различной концентрации в синтетическом аналоге K-фонолитового расплава Везувий при $T \sim 850$ и $1000^\circ C$ и $P = 200$ МПа. При $\sim 850^\circ C$ эффективная растворимость Cl в расплаве (max mCl), сосуществующем с богатым хлором и бедным фтором флюидом, составляет ~ 0.5 мас.%. Добавление F в систему увеличивает эффективную растворимость Cl в расплаве до ~ 0.7 мас.%. Форма линий зависимости на графике ${}^mC_{Cl} - {}^fC_{Cl}$ указывает на сильную неидеальность системы и возможную двухфазность флюида с образованием в условиях эксперимента существенно водной и солевой флюидных фаз. Степень неидеальности флюида уменьшается при добавлении F. Эффективная растворимость F в фонолитовом расплаве, сосуществующем с богатым фтором флюидом, достигает 0.9 мас.% при $\sim 850^\circ C$ и 1.3 мас.% при $1000^\circ C$. С падением давления от 400 до 50 МПа содержания Cl и F в фонолитовом расплаве увеличиваются, но для F заметно слабее по сравнению с Cl.

Сравнение данных по эффективной растворимости Cl и F в трех различных по составу расплавах: риодацитовом, фонолитовом ($T = 1000^\circ C$) и базальтовом ($T = 1200^\circ C$) показывает, что максимальная эффективная растворимость Cl (до ~ 2.7 мас.%) получена в субщелочном базальтовом расплаве, а максимальная эффективная растворимость F (до ~ 1.7 мас.%) – в риодацитовом расплаве. В базальтовом расплаве эффективная растворимость Cl существенно выше растворимости F, а в расплавах фонолитового и риодацитового составов, напротив, эффективная растворимость F намного выше, чем Cl.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 11-05-00991-а.

Мончегорский расслоенный мафит-ультрамафитовый комплекс (Кольский полуостров, Россия): пример совмещения сингенетического и эпигенетического Cu-Ni-ЭПГ-оруденений

Шарков Е.В., Чистяков А.В.

ИГЕМ РАН, sharkov@igem.ru

Раннепалеопротерозойский Мончегорский комплекс (МК), образованный двумя крупными разновозрастными мафит-ультрамафитовыми расслоенными интрузивами – Мончегорским плутоном (МП), и массивом Монче-Чуна-Волчьих-Лосевых тундр (Главного хребта, МГХ), представляет собой долгоживущий магматический центр, развивавшийся на протяжении около 50 млн. лет (Шарков, 2006). При этом Мончегорский плутон, согласно изотопно-геохронологическим данным, формировался около 2.5 млрд. лет назад, а массив Главного хребта – около 2.46 млрд. лет назад. Последний, по-видимому, интродировал затвердевший к тому времени Мончегорский плутон, и дунитовая линза в его западной части является фрагментом нижней зоны массива Главного хребта.

Оба интрузива близки по типу кумулатов, и образованы переслаиванием дунитов, гарцбургитов, бронзитов, норитов, габбро-норитов и анортозитов, однако они существенно различаются как своей кумулятивной стратиграфией, так и распространенностью конкретных разновидностей пород. Если для МП характерны преимущественно ультрамафические кумулаты с преобладанием ортопироксенитов, то для МГХ – кумулаты основного состава при подчиненной роли ультрамафических пород, среди которых преобладают дуниты. При близких в целом геохимических характеристиках пород, свидетельствующих об их происхождении за счет однотипных расплавов кремнеземистой высоко-Mg (бонинитоподобной) серии (KBMC), Оруденение массивов МК также различно: с Мончегорским плутоном связаны промышленные Cu-Ni-ЭПГ месторождения, тогда как для МГХ характерна только ЭПГ-минерализация, а, возможно, и хромитовая. Сингенетическая (ортомагматическая) рудная минерализация представлена преимущественно Cu-Fe-Ni сульфидами и теллуридами и висмутидами Pd и Pt.

В среднем палеопротерозое (2.0–1.9 млрд. лет назад) МК попал в зону активности регионального Центрально-Кольского разлома и в настоящее время представляет собой коллаж из крупных тектонических блоков, расланцованных и метаморфизованных по краям. Интенсивность структурно-метаморфической переработки пород уменьшается с запада на восток. Мончегорский плутон затронут деформациями и метаморфизмом в наименьшей степени за исключением своего южного обрамления, вдоль тектонизированного контакта с супракрустальными образованиями Имандра-Варзугского рифта, где породы подверглись совместному расланцеванию практически нацело метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации.

Тектоно-метаморфическая переработка пород этого обрамления (участки Вуручайвенч, Южная Сопча, Морошковое озеро) сопровождалась перераспределением ЭПГ и привела к формированию промышленной малосульфидной ЭПГ-минерализации в форме линзообразных рудных тел с диффузными контактами, где наряду с висмутотеллуридами широким развитием пользуются арсениды, антимониды, станниды и селениды Pd и Pt (Гроховская и др., 2000, 2012; Рундквист и Припачкин, 2009; Рундквист и др., 2012; Кнауф и Гусева, 2010),

С таких позиций Мончегорский рудный кластер может являться примером совмещения как неизменных первично-магматических месторождений, так и месторождений, образовавшихся в результате их переработки, которые заметно отличаются от первичных как по строению, так и составу. Сравнительное изучение таких месторождений открывает новые перспективы для понимания рудообразующих процессов в аналогичных ситуациях.

Литература

Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шелепина Е.П. и др. // Геология рудн. месторождений. 2000. Т.42. №2. С.147–161.

Гроховская Т.Л. и др. // Геология рудн. месторождений. 2012. Т.54. №5. С.416–440.

Кнауф В.В., Гусева Н.С. // 2010. <http://www.natires.com/obramlenie.pdf>.

Рундквист Т.В., Припачкин П.В. // Руды и металлы. 2009. №4. С.15–24.

Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Гребнев Р.А. // Литосфера. 2012. №3. С.65–79.

Шарков Е.В. Формирование расслоенных интрузивов и связанного с ними оруденения. М.: Научный Мир, 2006.

Условия зарождения минералообразующей системы и динамика ее развития на примере месторождения Кумтор

Шевкунов А.Г.¹, Башкиров А.П.¹

¹*Кумтор Оперейтинг Компани, anatoly_shevkunov@kumtor.com, anatoliy_bashkirov@kumtor.com*

Золотая минерализация Кумтора локализована в древних углеродисто-карбонатно-терригенных породах джетымтауской серии венда (Богдецкий В.Н. и др., 1981), и связана с метаморфогенно-гидротермально-метасоматической деятельностью в мощной (> 500м) надвиговой зоне смятия. Кумтор – пример безмышьяковистых золоторудных месторождений черносланцевого типа. Самородное золото, теллуриды Au-Ag, шеелит и пирит являются типоморфными рудными минералами. На начальном этапе рудообразующего процесса сформировались кварц-калишпатовые метасоматиты на фоне осветления филлитов, выгорания Сорг., коррозии до-рудных пиритов. Вслед за этим, в более локальных зонах образуются метапороды пирит-карбонат-альбитового состава. Существенно пирит-карбонатные (анкерит-кальцитовые) метасоматиты развиваются либо по калишпатовым, либо по альбитовым метасоматитам, являясь по отношению к ним более поздними. Рудоносные зоны сопровождаются эндогенными ореолами Au, W, Te, Hg, Sb, Sr, Ag, Ba, Pb. Ореолами выноса характеризуются As, Cu и Zn.

Позиция месторождения Кумтор хорошо вписывается в определённую часть модели формирования орогенных месторождений в условиях сходящихся окраин плит, предложенной Д. Гровесом (Groves D.I., Bierlein F.P., 2007). Согласно этой модели, рудообразующая структура месторождения приурочена к зоне коллизии в позиции “континент-континент” и сформировалась в позднепалеозойскую (C₃-P₁) орогенную стадию развития региона. Это время характеризуется возобновлением движений Ишим-Срединно-Тяньшанского микроконтинента в сторону Кыргызско-Казахского континента. В тот же самый период происходит активная субдукция коры Туркестанского палеоокеана под Ишим-Срединно-Тяньшанский микроконтинент и сжатие последнего с южной его стороны. В условиях “зажатого клина”, при двухстороннем давлении, предполагается переплавление на глубине фрагментов литосферы и подъём в этом месте границы астеносферы кверху. При этом получают объяснения особенности вещественного состава руд месторождения, в частности наличие большого количества новообразованных карбонатов. Согласно модели, рудообразующие компоненты берут своё начало в зоне “переработки” блоков литосферы, и существенные количества CaO и CO₂ образуются в результате диссоциации седиментогенных карбонатов.

Глубинный высокотемпературный флюид привнёс из зоны ультраметаморфизма в рудо-локализирующую структуру такие петрохимические компоненты, как CaO, MnO, SrO, CO₂, CO и S, частично K₂O, а также Au, W, Te. Основные этапы рудоотложения происходили в условиях стрессовых деформаций надвигового характера, при отсутствии видимых интрузивных образований, и связаны во многом с мобилизацией воды, породообразующих компонентов (Na₂O, SiO₂, MgO, BaO, Fe²⁺, Fe³⁺) и некоторых рудных элементов из вмещающей среды.

Многие связывают формирование месторождения Кумтор с внедрением в шовной зоне на границе двух континентов малых интрузий монцонитоидного комплекса (C₂₋₃). С ними связано оруденение Au-Cu-Mo-W Сонгкель-Кенсуйского рудного пояса (Кудрин В.С. и др., 1990). Формирование месторождения Кумтор происходило намного южнее этого пояса. Близкое расположение от линии Николаева в современном положении (~5 км) связано с выдвиганием рудоносных зон по надвигам к северу и северо-западу в процессе альпийских тектонических движений. Деформации альпийского этапа сильно преобразовали первоначальную структуру месторождения, и, возможно, значительно переместили его в пространстве.

Литература

Богдецкий В.Н. и др. Геологическая позиция золото-вольфрамового оруденения в углеродистых сланцах на примере одного месторождения Тянь-Шаня // Сб. Стратиформные месторождения цветных и редких металлов в черносланцевых формациях. Фрунзе: ФПИ, 1981. С.101–105.

Кудрин В.С., Соловьёв С.Г., Ставинский В.А. и др. Золото-медно-молибден-вольфрамовый рудный пояс Тянь-Шаня // Геология рудных месторождений, 1990. №4. С.13–26.

Groves D.I., Bierlein F.P. Geodynamic settings of mineral deposit systems // Journal of the Geological Society, London. Vol.164. 2007. P.19–30.

Применение ^{190}Pt - ^4He метода для определения возраста платиновой минерализации дунит-клинопироксенитовых и щелочно-ультраосновных комплексов

Шуколюков Ю.А.^{1,2}, Якубович О.В.^{1,2}, Мочалов А.Г.¹, Браунс М.³, Котов А.Б.¹

¹ИГГД РАН, *olya.v.yakubovich@gmail.com*; ²СПбГУ;
³Институт Археометрии, Манхайд

В основе ^{190}Pt - ^4He метода прямого изотопного датирования самородных минералов платины лежит α -распад ^{190}Pt , одним из стабильных продуктов которого является ^4He (Шуколюков и др., 2012б). По количеству накопленного за геологическую историю радиогенного гелия можно определить «гелиевый возраст» минерала. Гелий очень легко мигрирует из кристаллической решетки большинства породообразующих минералов. Даже незначительное увеличение температуры (100–200°C) приводит к частичной или полной потере гелия минералом. Однако в самородных металлах, в частности, в самородных минералах платины, миграция гелия существенно затруднена. Ввиду особенностей строения электронной оболочки гелия, его растворимость в металлах крайне мала, поэтому первоначально растворенный в решетке гелий мигрирует к различного рода «стокам», дефектам, где образует атомные кластеры – пузырьки нанометрового размера. Миграция гелия из таких пузырьков требует очень высоких температур близких к температуре плавления металла. Такая форма нахождения гелия в самородных металлах делает маловероятными потери гелия в реальных геологических условиях (Шуколюков и др., 2012а).

Определение содержания радиогенного гелия в самородных минералах платины проводилось по оригинальной методике на масс-спектрометрическом комплексе МСУ-Г-01-М. В качестве объектов исследования были использованы ранее хорошо изученные минералы платины из дунит-клинопироксенитовых и щелочно-ультраосновных комплексов, такие как изоферроплатина, выделенная из разных минералого-геохимических типов МПГ, агрегаты иридийной платины, туламинит, сперрилит.

Эффективность применения ^{190}Pt - ^4He метода продемонстрирована на примере дунит-клинопироксенитовых массивов Гальмознан (Корякия) и Файфильд (Австралия), а также щелочно-ультраосновных массивов Кондер, Инагли и Чад (Алданский щит). Предложены критерии пригодности различных минералов платины для геохронологических исследований. Для платиновой минерализации (мелкие кубические кристаллы изоферроплатины без примеси обыкновенного осмия) щелочно-ультраосновного массива Кондер проведено сопоставление данных о возрасте, полученных ^{190}Pt - ^4He и ^{190}Pt - ^{186}Os методами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №13-05-0071.

Литература

Шуколюков Ю.А., Якубович О.В., Яковлева С.З., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Рыцк Е.Ю. Геотермохронология по благородным газам: Миграция радиогенного гелия в кристаллической структуре самородных металлов и возможности их изотопного датирования // Петрология. 2012а. Т.20. №1. С.1–21

Шуколюков Ю.А., Якубович О.В., Мочалов А.Г., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Корнеев С.И., Гороховский Б.М. Новый изотопный геохронометр для прямого датирования самородных минералов платины (^{190}Pt - ^4He метод) // Петрология. 2012б. Т.20. №6. С.545–559.

Секция 4. Россыпные месторождения и россыпеобразующие формации.

Геология, условия формирования, новые генетические и промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, модели образования и комплексное изучение россыпных месторождений.

Верхнеэоцен-нижеолигоценовые прибрежно-морские (литоральные) нетрадиционные платинометалльные россыпи (Чаткало-Кураминская активная окраина)

Абдумоминов Ш.А.¹, Азизов А.М.²

¹Госпробирная палата РУз, r.g.yusupov@bk.ru;

²Госкомгеологии РУз, azizov_ahathon@mail.ru

В Чаткало-Кураминской активной окраине верхнеэоцен-нижеолигоценовые прибрежно-морские отложения протягиваются от левобережья низовья руч. Ташсай (Ангренское плато) и бас. ручьев Келенчек-Лочинкия (правобережье р. Ахангаран) до Ангренского буроугольного карьера и далее прослеживаются по руч. Акча, Шавазсай, Аксагата, Сюреньата. В их геологическом строении участвуют прибрежно-морские отложения (низы разреза состоят из мергелей, глин монтмориллонитового состава, ракушняков туркистанского яруса, верхи разреза представлены высокосортными кварцевыми песками, песчаниками, гравелитами). В верхнем эоцене происходило формирование продуктивного горизонта. В его составе присутствуют декоративные сердолики, опалы, халцедоны, морионы, аметисты, горные хрустали, яшмы, кремневой гальки и др. Мощность песчано-гравийных отложений достигает 66 м, кварцевых песков и песчаников-15-20 м. Кварцевые пески и песчаники, галечники (опало-халцедоновые) служат носителями невыраженного в минеральных формах благороднометалльного (Au, Pd, Pt, Rh и др.) орудинения. Благороднометалльная нагрузка (Au, Pd, Pt, Rh и «легкоплатинометалльная» специфика) на песчано-гравийные отложения (Игамбердиев и др., 2008; Абдумоминов, 2012) рассматривается показателем их практической значимости. Минеральные окисно- и гидроокисные «включения» (Fe, U, Si – органического вещества и др.) в структурах кремневых минералах несут примесные содержания Pb (до 3.01 вес %), Pt и Pd (до 300–900 г/т) и сопутствующие Rh, Ru, Os и др. При этом, окисно-гидроокисные «включения» (Fe-Si-U) в минералах полностью или частично замещаются ураном и др.

На рудных полях (Юсупташ, Ангренский буроугольный карьер, Акчашавазский и др.) благороднометалльные верхнеэоцен-нижеолигоценовые отложения (кремниевые, сердоликовые, кварцево-халцедоновые гальки и другие силициды с повышенными содержаниями Au, Pt, Pd, Rh и др.) формировались в палеогеновых прибрежно-морских (литоральных) условиях путем гидротранзита, дифференциации и аккумуляции или накопления рудного вещества – россыпобразующих минералов. Основными факторами их формирования служат (Шило, 2000) продукты многометалльных (Au, Ag, Pt, Pd, REE, Sa, Se, Re и др.) эпигенетических месторождений, локализованные в углеродсодержащих (нередко тухолитовых горизонтах) туранских сланцев и песчаников. Они представляют собой материал дифференциации осадочного и вулканогенно-осадочного литосферного вещества, которые по практической значимости сопоставимы с черными медистыми сланцами Цехштейна Западной Европы. В глобальном и региональном масштабах углеродистые формации турана представляют собой фрагменты единых сквозных – трансрегиональных толщ с Au-Ag оруденением метаосадочного класса в комплексе с металлами платиновой группы, Cu-Mo, Re, REE и др. В верхнеэоцен-нижеолигоценовых прибрежно-морских (литоральных) отложениях нетрадиционные платинометалльные россыпи в тонкопримесной (нередко, наноструктурные, кластерные, около 100 нм размерностей), локализованные в Fe-Si-U окисно- и гидроокисных, а также глинисто- и органоминеральных включениях силицидов (кварцевые пески, песчаники, кремниевые и опало-халцедоновые гальки и др.) рассматриваются на территории Чаткало-Кураминской активной окраины как новые генетические и промышленные типы благороднометалльных россыпей.

Литература

Далимов Т.Н., Ганиев И.Н. Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. Ташкент: Университет, 2010.

Рудоносность орогенных структур Тянь-Шаня // Под ред. И.М.Томсона. М.: Наука, 1985.

Игамбердиев Э.Э., Юсупов Р.Г. Благороднометалльная минерализация Юсупташ (Срединный Тянь-Шань) // Геология и минеральные ресурсы. 2008. №6. С.26–30.

Юсупов Р.Г., Фатхуллаев Ш.Д. Келенчек-Ташсайское рудное поле редкометалльно- и редкоземельных альбититов // Геология и минеральные ресурсы. 2012. №3. С.19–25.

Минералого-геохимические особенности платины вилъюского типа

Айриянец Е.В., Жмодик С.М., Белянин Д.К., Агафонов Л.В.

ИГМ СО РАН, *jenny@igm.nsc.ru*, *zhmodik@igm.nsc.ru*, *bel@igm.nsc.ru*,
ofiolite@igm.nsc.ru

На севере Якутской алмазонасной провинции давно известны платино-золото-алмазные комплексные россыпные месторождения реликтовых плиоценовых эрозионно-карстовых долин. Среди них уникальными можно назвать вилъюские россыпи. Они отличаются мелкими размерами зерен, высокородистым составом железистой платины и большими площадями распространения, не имеющими установленных коренных источников (Округин, 2000). Экономическая перспективность россыпей вилъюского типа, отсутствие однозначного ответа об их происхождении делает актуальными вопросы изучения геохимической и минералогической специфики Fe-Pt соединений. Особого внимания заслуживают включения минералов ЭПГ, широко проявленные в железистой платине этого типа. Высокие содержания примесей в твердых растворах собственно платиновых минералов, обилие их полиминеральных сростаний с минералами платиновой группы дают возможность оценить физико-химические условия образования и эволюцию многокомпонентных металлических систем. Применение современных методов исследования вещества с использованием оптической и сканирующей микроскопии позволило установить следующие закономерности:

– Форма и размер платины (0.15–0.25 мм) позволяет отнести её к тонкому классу по классификации Шило (2002). Состав соответствует изоферроплатине Pt₃Fe с непрерывным трендом железистости 2.40 до 13.63 мас.%. Отмечается присутствие Rh и Ru (90% изоферроплатины) с двумя пиками по распределению концентрации Rh, что позволяет выделить две группы изоферроплатины – высокородистую (Rh – 7.85 вес.%) и низкородистую (Rh – 1.91 вес.%). С повышением Rh отмечается и увеличение Ru до 12 вес.%. Отрицательные парные корреляции Pt с Rh, Ru и Fe, свидетельствуют об изоморфном замещении Pt. Высокие концентрации халькофильных элементов указывают на низкую сернистость коренных руд и невысокие температуры формирования платиноидов. Непрерывность изменения проявленного рутений-родиевого тренда указывает на эволюцию платинометалльного образования. В незначительном количестве отмечаются зерна платины с примесью Ir (до 9.7%) и Pd (до 5.9%), при этом концентрирование Rh, Ir и Pd происходит в разных зернах Fe-Pt соединений.

– Fe-Pt соединения насыщены включениями, представленными как мономинеральными, так и сложными многофазными скоплениями сульфидов, сульфидарсенидов и теллуридов платиновых металлов. Наиболее часто они встречаются в изоферроплатине, относимой к высокородистой группе. Их состав, как правило, отражает преобладающую примесь в Pt-Fe соединениях. В первой высокородистой группе – это, прежде всего, родий, в меньшей степени рутений. Включения соответственно представлены минералами, относимыми к ряду Rh-S, Rh-содержащим тиошпинелям ЭПГ, сульфидам и арсенидам (Rh, Ru, Pt). Включения в низкородистой изоферроплатине характеризуются специфическим составом – в них практически отсутствуют минеральные фазы, в состав которых входил бы Rh (доля их составляет менее 15%), а входят минералы других ЭПГ (василит (Pd,Cu)₁₆S₇, теллуриды Pd сульфидарсениды Pt). Вероятно, постепенное повышение фугитивности серы приводит к тому, что на заключительных этапах формирования системы халькофильные платиноиды Rh, Ru, а позже и Pd постепенно связываются в сульфидные, позже арсенидные и теллуридные фазы и происходит выделение практически беспримесной платины.

Литература

Округин А.В. Россыпная платиноносность Сибирской платформы. Якутск: ЯФ Из-во СО РАН, 2000. 183 с.

Шило Н.А. Учение о россыпях: теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей. Изд. 2-е, перераб. и дол. Владивосток: Дальнаука, 2002. 576 с.

Россыпная алмазонасность как отражение полигенности и полихронности алмазонасного магматизма Сибирской платформы

Афанасьев В.П.

ИГМ СО РАН, avp-diamond@mail.ru

Россыпная алмазонасность рассматривается как продукт эрозии и их седиментологической истории разновозрастных алмазонасных магматитов (полихронность) разного генетического типа (полигенность).

Всего нами выделяются пять типов источников алмазов: кимберлиты фанерозойского возраста, импактиты Попигайской астроблемы, а также три типа алмазонасных магматитов пока не выясненного типа. Последние предполагаются докембрийскими а) по аналогии с лампроитами Ингашинского поля среднерифейского возраста в Восточном Саяне; б) по повышенному механическому износу их алмазов, несовместимому с фанерозойскими условиями седиментогенеза.

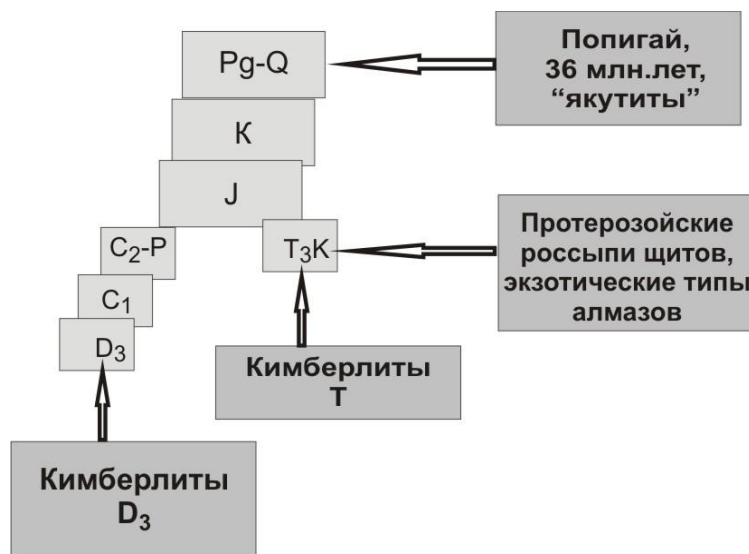


Рис.1. Схема формирования россыпной алмазонасности Сибирской платформы

Итоговая россыпная алмазонасность представляет собой суперпозицию магматических источников разного типа и разного возраста.

Элювиально-карстовые россыпи барита Хакасии

Ахманов Г.Г., Егорова И.П., Булаткина Т.А., Васильев Н.Г.

ЦНИИгеолнеруд, root@geolnerud.net, imn65@yandex.ru, bulatkina_geol@mail.ru

В Республике Хакасия, в зоне сочленения Кузнецкого Алатау и Минусинского прогиба, в процессе поисковых работ на баритовое оруденение жильного типа были выявлены два месторождения: Моховское и Таежное нового для данного региона геолого-промышленного типа – остаточного.

Оба месторождения представляют собой мономинеральные поверхностные элювиально-делювиальные россыпи, приурочены к линейным карстовым полостям субширотного простирания на контактах карбонатных пород и кремнисто-глинистых сланцев верхнего протерозоя, на следуют зоны активных разломов.

Месторождения образованы в олигоценное время в эпоху тектонической активизации территории, когда сформировавшаяся в мезозое кора выветривания деградировала и размывалась, создавая условия для концентрации барита.

Источником питания россыпей послужили широко распространенные на территории в составе кремнисто-карбонатной формации верхнего протерозоя осадочные стратиформные месторождения и контролируемое разломами жильное оруденение девона.

Россыпи выполняют воронко- и чашеобразные карстовые полости протяженностью от 450 до 860 м; при ширине по поверхности от 40 до 74 м и глубине распространения карста до 55 м. Полости выполнены красновато-бурыми, светло-бурыми, серовато-бурыми, бурыми суглинками и отчасти глинами с дресвой, щебнем известняков, доломитов, кремнисто-глинистых сланцев и барита. Щебенистая часть материала представлена существенно баритовыми, кремнисто-карбонатно-баритовыми рудами и темно-серыми брекчированными мелкозернистыми известняками. Содержание $BaSO_4$ колеблется по разрезу от 11.64% до 48.19%. Наиболее обогащенными баритом являются приповерхностные части залежи (до глубины 15 м), с глубиной, а также на флангах содержание барита снижается.

Формирование элювиально-карстовых россыпей барита является результатом целого ряда взаимосвязанных тектоно-магматических процессов, имевших место в длительной истории региона. Руды стратиформных и секущих тел, под воздействием сопровождавших тектонические напряжения пострудных процессов, претерпевали изменения: выносились балластные компоненты, происходила перекристаллизация вещества, улучшались качественные характеристики руд, происходило их естественное обогащение, в зонах разломов при интенсивном проявлении гипергенных процессов шло формирование элювиально-карстовых залежей легкообогатимых руд.

Руды месторождений пригодны для производства высококачественного баритового концентрата, в котором баритопотребляющие отрасли, предъявляющие высокие требования к сырью, традиционно испытывают острый дефицит, покрывая его импортом.

Технологическая схема обогащения предусматривает: а) дробление исходной руды до класса крупности – 5.0 мм; б) последующую промывку и удаление шламовой составляющей. Полученный после обесшламливания руды промпродукт по своим качественным характеристикам соответствует концентрату марки КБ-4 класса А; в) отсадка промпродукта и последующая сепарация повышают содержание в концентрате $BaSO_4$ до 90.3% (марка КБ-3, класс А). Удаление последних требует доизмельчения концентрата, с целью более полного раскрытия зерен барита, и последующего его гравитационного обогащения.

Ресурсный потенциал месторождений в усл. кат. S_2 оценивается в количестве 0.24 млн. т барита, что соответствует среднему месторождению.

При должной активизации ГРП по выявлению новых объектов россыпные месторождения барита Хакасии могут представить определенную роль в обеспечении баритопотребляющих отраслей высококачественным сырьем. Поверхностное залегание месторождений и простые способы обогащения руд позволяют, исключив необходимость создания дорогостоящей производственной инфраструктуры, вести разработку месторождений малыми предприятиями, обеспечивая низкие себестоимость добычи и цену товарной продукции.

Условия образования поздненеоплейстоценовых отложений в долинах рек Сибири и их золотоносность

Бакшеев Н.А.

ФГУП «СНИИГГуМС», *baksheew@mail.ru*

В монографии «Основы учения о россыпях» (Н.А.Шило, 2002) автор отмечает что, «вопрос террасообразования в геологии россыпных месторождений является одним из главных и заслуживает особого исследования», «... вызывает многочисленные дискуссии, ... пока ещё не имеющей однозначного решения проблемы».

Сравнительный анализ литературных данных состава рыхлых отложений речных долин и террас позднеплейстоценового возраста центральной части Яно-Колымского складчатого района Сибири (Самусиков, и др. 1966), Салаирского кряжа (Гусев, 1934) и вновь полученных по работам 2010–2012гг, позволяет выделить некоторые общие особенности их формирования:

- в вертикальном разрезе рыхлых отложений речных долин наблюдаются два литологически различающихся горизонта: нижний, мощностью от первых до 30 метров – грубообломочный, золотоносный; и верхний нередко с водорослями, мощностью до 10 м и более – с глинисто-илистым материалом, песками и щебнем;

- на границе этих двух горизонтов иногда встречаются реликты погребённого почвенно-растительного слоя с фауной и флорой, сформированного в тёплом и влажном климате;

- присутствие в нижней грубообломочной пачке крупных глыб, расщеплённых стволов, костей палеоживотных (носорогов, мамонтов и др.) свидетельствует о формировании этой пачки в катастрофических условиях. Перекрывающие карбонатные илы и глины с прослоями щебня, песка, «водорослевой пачки» завершают формирование отложений данного этапа;

- в долинах рек, в строении террас наблюдается однотипность в разрезе и плавное сочленение их друг с другом, что объяснимо образованием этих отложений в одинаково-близких условиях, впоследствии разделённых поперечными разломами на блоки, нескольких уровней (до 12-ти);

- в нижней части долин, а также в локальных грабен-впадинах, отмечается увеличение мощности осадков в пачках, где участки с максимальными промышленными запасами золота, как правило, приурочены к местам с наличием в разной степени золотоносных коренных пород.

Эти данные позволяют предложить следующую модель формирования отложений. Предположительно, в начале поздненеоплейстоценового периода, при изменении климата Земли, вызванного тектоническими процессами, сопровождаемых вначале катастрофическими извержениями вулканов и впоследствии, интенсивными мощными водно-грязевыми потоками, в Сибири с холмистым рельефом, появилось мелководное море-озеро. В начале этого этапа в долинах палеорек сформировался горизонт «песков», обогащённый тяжёлыми минералами с самородным золотом в основном из продуктов коры выветривания прилегающих склонов, нередко с высокими концентрациями металла в нижней приплотиковой части. Наличие погребённого почвенно-растительного слоя и преобладание вверх по разрезу отложений с тонкообломочной фракцией указывает на завершение этапа трансгрессии. В последующем при блоковых восходящих движениях, в сумме составляющих до 1000 м и более, с максимальными амплитудами в осевых частях горных хребтов, сформировались основные поднятия Сибири. В горной части верховьев долин, и в участках горстовых поднятий, отложения этих пачек размывались, образуя перетолженные голоценовые россыпи. В среднегорье золотоносный пласт в основном сохранился, и залегает на небольшой глубине первые метры, до 20 метров, редко более. Россыпи низкогогорья и равнинной части, как и приуроченные к грабен-впадинам осложняющих долины, в основном глубоко залегающие. Они представляют практический интерес даже при низких содержаниях, за счёт увеличения мощности продуктивного пласта. Участки таких россыпей с мелким и тонким золотом являются высокорентабельными для скважинной добычи выщелачиванием.

Литература

Гусев А.И. Геологическое строение и полезные ископаемые окрестностей г. Новосибирска. Томск, 1934. 101 с.

Самусиков В.П., Трушков Ю.Н. Россыпи золота Прииндигирской зоны разломов // Геология россыпей золота и закономерности их размещения в центральной части Яно-Колымского складчатого пояса. М.: Наука, 1966. С.91–128.

Шило Н.А. Учения о россыпях. Теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей. Изд.2-е, исп. и доп. Владивосток: Дальнаука, 2002. 576 с.

К вопросу о геостатистических методах исследования россыпей

Бочнева А.А.

ИГЕМ РАН, bochneva@mail.ru

При изучении россыпей важную роль играет системный или комплексный подход, включающий в себя в качестве обязательного компонента геостатистический анализ данных, области применения которого не ограничены. На любой стадии исследования россыпных месторождений учеными используются различные методы статистической обработки данных. Независимо от метода, цель преследуется всегда одна: выявить те взаимосвязи, которые не лежат на поверхности, и которые помогут решить поставленную задачу. Так, например, при большом массиве данных по минеральному составу исследуемых отложений, хорошо себя зарекомендовала разновидность факторного анализа – метод главных компонент. С его помощью выявляются основные минеральные ассоциации и тенденции их изменения, интенсивность россыпеобразующего процесса, а также кумулятивные показатели внутренней структуры минерального поля. Также метод позволяет оценить меру упорядоченности минерального поля, выделить различные уровни его неоднородности, характеризующиеся конкордантными и антиконкордантными признаками (например, ассоциациями минералов). Примером может служить Умытский участок Мансийской площади Зауральского россыпного района, по которому нами были определены и подтверждены области распространения перспективных на титан-циркониевое сырье отложений.

Задачи упорядочения минеральных ассоциаций также решаются методом информационной энтропии (К. Шеннона), позволяющим выявлять границы распространения ореолов полезных компонентов и выделение главных индикаторных минералов. Энтропийная характеристика минерального состава россыпей может рассматриваться в качестве суммирующего показателя аномальности минералогического состава питающих их толщ. Отражая формально уровень вариаций содержаний различных минералов от их средних значений по площади, такая характеристика выступает в качестве меры информации. Аномальность минералогического поля в пределах безрудных площадей проявляется в минимальной степени, энтропия их минерального состава стремится к 100 усл.%. Такими значениями энтропии могли бы характеризоваться пробы, в которых содержание всех определяемых минералов точно соответствует фоновым содержаниям. В этом случае неопределенность минерального поля максимальна, а отдельные пробы полностью неинформативны. Минимальные значения энтропии обычно проявляются в пробах, характеризующихся резким преобладанием тех или иных минералов, сравнение распределения которых позволяет выявить главные информативные минералы шлихов. В бассейне р.Эбелях и ее притоков нами были проанализированы данные шлихового опробования и выявлены информативные минералы, по которым в аллювиальных отложениях может быть надежнее установлен вероятный тип коренного источника и относительный уровень его вскрытия.

С часто встречающимися задачами отнесения объекта или его признака к тому или иному классу хорошо справляются экспертные системы, основанные на статистически значимом количестве объектов с определенными признаками и на использовании эталонных объектов. В частности, коллективом авторов (Лаломов и др.) была создана база данных типоморфных свойств минералов титан-циркониевых россыпей. Отличительной особенностью этой базы данных является то, что по мере накопления статистически значимого количества проб из разных заведомо известных палеофациальных обстановок, можно будет выявить типоморфные признаки рудных минералов, характерные для той или иной обстановки осадконакопления. Эта база данных как уникальная система «эталон-эксперт» помогает определить геостатистический комплекс методов для определенного сырья, стадии работ, поставленных задач и проч. Накопленные данные и их анализ позволит выявить на микро- и макроуровне подходящие методы исследования. В этом случае, БД будет рассматриваться как совокупность эталонов по определенному набору характеристик, так и экспертная система, работающая на основе статистически значимого количества проанализированных данных.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта Президента МК-1940.2012.5.

Развитие рельефа и коры выветривания

Бутвиловский В.В.

*Лейбниц-Институт полимерных исследований, Германия; КузГПА,
wladimirbutwilowski@googlemail.com*

Выветривание (гипергенез) есть физико-химическое и биохимическое преобразование горных пород воздействием внешней среды, свойственной земной поверхности. Известно, что процессы выветривания играют огромную роль в высвобождении, переотложении и концентрации металлов и минералов. При этом наибольшая концентрация полезных компонентов происходит в корях выветривания под участками субгоризонтальных приводораздельных и придолинных поверхностей, где доминирует химический вынос растворимых веществ. Поэтому одной из задач геоморфологических исследований является определение мест в рельефе, где создавались благоприятные условия для элювиальной концентрации полезных компонентов и где могли эти компоненты сохраниться от денудации. В частности, в горах юга Сибири выделено множество фрагментов поверхностей выравнивания, террасоувалов и пологих приводораздельных долинообразных участков, которые считаются перспективными на полезные ископаемые (Бутвиловский и др., 2011). Однако поисковые работы в пределах этих участков далеко не всегда оказываются успешными. Очевидно потому, что поисковики не задумываются о возможном изменении местоположения этих пологонаклонных форм за счет денудации. В том месте, где они находятся сейчас, их не было в прошлые эпохи; они, также как и содержащиеся в их пределах полезные ископаемые, закладывались на большем удалении от водоразделов. К примеру, палеогеновый долинообразный участок в период своего образования должен был находиться в 2-5 км ниже по течению от того места, где он находится сейчас. Нами установлено, что на большей части этих древних педиментов мощных зрелых кор выветривания обычно нет, т.к. фронтальные краевые части педиментов всё время перемещались денудацией на менее выветрелые породы подножий крутых склонов. Чем дальше участок педимента находится от краевой фронтальной части педимента, тем больше времени он мог подвергнуться выветриванию, тем более свойственны ему зрелые коры выветривания. По нашим данным, коры выветривания плиоцен-миоценовой эпохи встречаются не ближе 120–500 м к фронтальной части педимента, мел-палеогеновые коры – не ближе 2–3 км. И если в пределах этих мало подвергавшихся выветриванию участках наблюдаются аномально измененные и дезинтегрированные на большую глубину породы, то эти изменения созданы скорее всего не выветриванием, а другими метасоматическими процессами, которые обычно недооцениваются или зачастую даже не принимаются в расчет.

В.Н. Разумовой (1977) приводится достаточно данных в пользу того, что интенсивное изменение и дезинтеграция горных пород может происходить за счет воздействия глубинных гидротермально-вадных растворов, в результате чего образуются полиминеральные глинистые метасоматиты. Их формирование обычно приурочено к зонам тектонической и тектономагматической активизации. Не исключено, что они имеют достаточно широкое развитие во многих регионах и должны выделяться как особые образования, не связанные с процессами выветривания и педиментами. В отличие от кор выветривания для металлоносных (золотоносных) глинистых метасоматитов характерно то, что рыхлые руды сохраняют форму и элементы залегания первичных рудных тел. Существенного перераспределения золота и многих других металлов в зоне окисления и глинизации не наблюдается. Это также свидетельствует о том, что данные образования не подвергались глубокому биохимическому выветриванию. Отсюда следует, чтобы более эффективно вести поиск экзогенных месторождений, необходимо сначала реконструировать рельеф на те или иные эпохи и определить исходные местоположения вмещающих их элементов рельефа, а также их соотношения с актуальным рельефом.

Литература

Бутвиловский В.В., Авакумов А.Е., Гутак О.Я. Россыпная золотоносность гор юга Западной Сибири: историко-геологический обзор и оценка возможностей. Новокузнецк: Кузбасская государственная педагогическая академия, 2011. 241 с.

Разумова В.Н. Древние коры выветривания и гидротермальный процесс. М.: Наука, 1977. 156 с.

Преобразование россыпей в процессе эволюции палеорусел погребенных долин

Виноградова О.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, o.v.vinogradova@gmail.com

Реконструкция палеорусел и их динамики в течение нескольких эрозионных циклов и связанных с этими процессами особенностей преобразования россыпей, начиная с момента заложения долин и до современного этапа, проведена в Ленском россыпном районе. На протяжении плейстоцена врезание долин неоднократно прерывались ледниковыми эпохами, в течение которых долины заполнялись мощной толщей ледниковых отложений. После каждой эпохи оледенения в последующий эрозионный цикл реки размывали толщу рыхлых отложений и вновь врезались в коренные породы.

Крупномасштабные палеогеоморфологические схемы, на которых выделялись элементы погребенных долин, сформированные в определенные эрозионные циклы, эрозионные борозды – палеорусла и другие формы эрозионно-скульптурного рельефа, позволили реконструировать морфодинамические типы русел, функционировавших в течение этих циклов, которые в значительной степени определяются геолого-геоморфологическими условиями. Постоянство действия этих условий в период врезания долин в коренные породы определяют унаследованность морфодинамических типов русел, функционирующих в разные эрозионные циклы.

Путем сопоставления современного рельефа с реконструированным погребенным рельефом долин, прослежено изменения положения русел и особенности их горизонтальных русловых деформаций на протяжении нескольких эрозионных циклов. В зависимости от соотношения скоростей поднятия и глубин базиса эрозии палеорусла прослеживаются либо на разновысотных уровнях погребенных террас, либо – при стабильном положении базиса эрозии в течение нескольких эрозионных циклов – на одном и том же эрозионном уровне. В зависимости от морфодинамических типов русел, характера русловых деформаций и особенностей эволюции форм русла на протяжении нескольких эрозионных циклов разработаны основные схемы преобразования россыпей и формирования их структуры.

Схема 1. При последовательном врезании долины в течение эрозионного цикла на участках с относительно прямолинейным, неразветвленным руслом характерна наиболее простая схема преобразования россыпей. На участках просторанственного совмещения разновозрастных русел более древние россыпи перемываются и включаются в состав россыпей, образовавшихся в последний эрозионный цикл. Золотоносные пласты характеризуются простыми прямолинейными контурами с резким обогащением в пределах палеорусел.

Схема 2. Значительные расширения долин на участках меандрирующих в течение каждого эрозионного цикла рек. Прослеживается четкая тенденция совпадения контуров россыпей разного возраста с положением палеоизлучин. Золотоносные пласты, сформированные в разные эрозионные циклы, имеют разную ориентировку. Фрагменты более древних россыпей перемываются при последующем врезе более молодых излучин на участках их планового пересечения. На участках, расположенных между палеоизлучинами встречаются обогащенные фрагменты россыпей, образованные в процессе перемыва аллювия. Строение россыпи характеризуется значительной сложностью.

Схема 3. Погребенный рельеф коренного ложа является результатом деятельности разветвленного на рукава врезающегося русла, которое испытывало интенсивные горизонтальные деформации в течение нескольких эрозионных циклов. В связи с этим конфигурация палеорусел и их ориентировка характеризуется большим разнообразием. На отдельных участках прослеживаются довольно значительные по протяженности эрозионные уровни с аналогичным по сложности рельефом. В течение нескольких эрозионных циклов формируется сложный комплекс разновозрастных россыпей с неравномерным распределением золота.

Выявленные закономерности эволюции русел на протяжении плейстоцена на участках долин с определенными геолого-геоморфологическими условиями позволяют прогнозировать тип, конфигурацию, положение золотоносных пластов и характер распределения золота, что значительно повышает точность разведочных работ.

Эрозионно-денудационный вырез и россыпеобразование западной части Эфиопского Нагорья

Воскресенский И.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова, isvoskresensky@rambler.ru

Величина эрозионно-денудационного выреза выступает как «итог длительного и сложного преобразования рудного поля» в новейший этап формирования рельефа (Шило, 2002) и является одним из необходимых и эффективных критериев оценки условий образования россыпей в долинах рек (Шумилов, 1981, Воскресенский, 1985). Методика оценки эрозионно-денудационного среза разработана для прогнозной оценки территорий со слабоизученными геоморфологическими условиями россыпеобразования и вновь изучаемых территорий для долин разного порядка горных областей, в том числе проявления новейшего вулканизма.

Территория располагается на западе Эфиопского Нагорья в бассейне р. Генале. В СЗ-ЮВ направлении протягиваются горные хребты с абсолютными высотами приводораздельных вершинных поверхностей до 2300–2400 м. Литоморфоструктурная основа рельефа являются метаморфических пород протерозоя с наложенными покровами палеогеновых базальтов. К ним пространственно приурочены «кольцевые линеаменты». Современные крупные морфологические элементы рельефа: хребты и долины пересекают под углом 45 град. основные литологические и тектонические границы.

Господствующий генетический тип рельефа эрозионно-денудационный. Морфология вершинных поверхностей характерна для сохранившихся фрагментов древних мел-палеогеновой и миоцен-плиоценовой поверхностей выравнивания. По морфологическим характеристикам территория принадлежит фрагменту древней позднемиоцен-раннеплиоценовой поверхности выравнивания поднятому в результате неотектонических (плиоцен-четвертичных?) поднятий. Межхребтовые понижения заняты днищами крупных долин рек правых притоков р. Генале IV - V порядка. Фрагменты древних позднекайнозойских долин, предположительно сохранились в пределах межхребтовых понижений. В долинах крупных рек чередуются участки расширений днищ долин на уровне отн. высоты 20 м и сужений. Уклоны днищ долин рек достигают 5–20 м/км и, соответственно, приведенный уклон днищ долин этих рек увеличивается от 30–40 до 60–80 единиц и более (Воскресенский, 1985). В морфологии долин чередуются участки с широким днищем с наложенными конусами выноса притоков и суженные «ущельеобразные». По В.П. Елисееву морфология долин нагорья соответствует морфологии долин горных рек, в которых в плейстоцене происходит формирование внутридолинных конусов выноса, пролювий которых характеризуется изменчивостью гранулометрического состава. В сходных геоморфологических условиях известны россыпи золота: 1) в долине р. Обихингоу (Западный Памир) в пределах внутридолинного конуса выноса; 2) в долине р. Храми (М. Кавказ) на участках расширения и сужения днища.

Россыпепроявления выявлены в долинах запада Эфиопского нагорья. Уклон днища долин колеблется от 8 м/км до 40 м/км, что приводит к резким изменениям транспортирующей способности (Воскресенский, 1985). Аллювий представлен галечником различной окатанности и разного петрографического состава. Присутствие обломков корродированного кварца, "новообразований" оксидов железа, что свидетельствует о размыве и переотложении в пределах днищ долин «древнего» аллювия. Минимальная величина эрозионно-денудационного выреза для долин с выявленными к настоящему времени россыпями достигает 50 м, что свидетельствует о достаточном для образовании россыпей вскрытии коренных источников и их «богатстве». В пределах южной части Станового нагорья (Алданский щит) в россыпных узлах хребте величина эрозионно-денудационного среза достигают 100–200 м.

Литература

- Шило Н.А. Учение о россыпях. Владивосток: Дальнаука, 2002.
Шумилов Ю.В. Физико-химические и литогенетические факторы россыпеобразования. М.: Наука, 1981.
Воскресенский С.С. Геоморфология россыпей. М.: Изд-во МГУ, 1985.

Химические различия россыпной и коренной платины Нижнетагильского массива, Платиноносный пояс Урала

**Гайфутдинова А.М., Воронцова Н.И., Пилугин А.Г., Лазаренков В.Г.,
Степанов С.Ю.**

*Горный университет, gayfutdinovaam@gmail.com, natvoron@yandex.ru,
andrew_pilugin@mail.ru, lazarenkov@mail.ru*

Несмотря на огромный россыпеобразующий и рудный потенциал (Лазаренков и др., 1992), Нижнетагильский платиноносный зональный массив слабо изучен с точки зрения генезиса россыпей и геохимической специфики минералов платиновой группы. Настоящее исследование направлено на выявление особенностей россыпной и коренной платиновой минерализации массива. Понимание геологического, структурного и литологического контроля платиновой минерализации в россыпях и коренных породах даст возможность установить геохимическую эволюцию рудообразующей системы Нижнетагильского массива.

В ходе настоящего исследования были получены данные 126 микророндовых анализов химического состава минералов платиновой группы (МПГ) хромититового типа из различных месторождений Нижнетагильского массива, а также аллювиальных отложений. Проведена их статистическая обработка. С учетом геологических особенностей было выделено 3 типа минерализации: 1 – аллювиальные МПГ, для которых предполагается значительное удаление от коренных источников (р. Бобровка), 2 – аллювиальные МПГ, незначительно удаленные от коренных источников (р. Рублёвик, р. Сисимка и ручей в Крутом логу), 3 – коренные МПГ (рудопроявления Старого и Нового дунитовых карьеров, месторождение Господская шахта, Крутой лог 4-00, выработки в Сырком логу).

При статистической обработке данных были отмечены значительные различия между группами по содержанию Pt. Наибольшие содержания Pt установлены в зёрнах МПГ из аллювия р. Рублёвик и р. Бобровка (до 88.39 мас.%), наименьшее характерно для Pt-Fe сплавов из коренных пород (69.96 мас.%). Иная картина характерна для распределения Ir, которым обогащена платина коренных пород (до 7.28 мас.%) и обеднена из россыпей. Содержания Fe близки, в отличие от Ni, по которому коренные породы преобладают над россыпными (до 8.23 мас.%). Cu, наоборот, накапливается в россыпях дальнего переноса (до 12.27 мас.%).

В ходе исследования было выявлено, что минералы платины в россыпи р. Бобровки обладают сами высокими содержаниями Pt. Здесь для самородков установлено преобладание изоферроплатины с незначительным содержанием примесей. В россыпях р. Рублёвик, р. Сисимки и ручья в Крутом логу для МПГ явно прослеживается значительное обогащение Cu, и преобладает тетраферроплатина, переходящая в туламинит. В коренных породах наибольшим распространением пользуется ферроникельплатина и тетраферроплатина с различными примесями, в основном Ir. МПГ из аллювиальных отложений р. Бобровки возможно связаны с породами краевой части массива, сложенной мелкозернистыми дунитами и клинопироксенитами. Для таких пород отмечается преобладание относительно чистых Pt-Fe сплавов (Сидоров и др., 2009). Тесная пространственная связь платины из коренных пород, в частности хромититов, и платины из россыпей с незначительным расстоянием переноса обломочного материала подтверждается результатами факторного анализа. При этом происходит значительная потеря Ni и Ir и повышается содержание Cu. Возможно, на преобразование МПГ оказывали значительное влияние гипергенные процессы серпентинизации дунитов, их выветривание.

Литература

Лазаренков В.Г., Иванов О.К., Скоробогатов И.Н. Новая оценка перспектив промышленной платиноносности зональных ультрамафитовых массивов Платиноносного пояса Урала // Платина России, 1994. С.103–108.

Сидоров Е.Г. Толстых Н.Д., Козлов А.П., Чубаров В.М. Коренная минерализация массива Гальмоэнан Корякия (Урало-Аляскинский тип) // Сборник 3-й международной конференции «Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения», 2009. С.189–193.

Основные закономерности развития и размещения месторождений Ti-Zr Украинской россыпной провинции

Галецкий Л.С., Ремезова Е.А., Василенко С.П.

ИГН НАН Украины, *svetlyk@gmail.com*, *remezova-e@mail.ru*

Украина владеет около 20% мировых запасов и ресурсов титана. В пределах Украинской россыпной субпровинции выделяется несколько генетических типов россыпей титана и циркония. На Украинском щите расположены магматические месторождения, представляющие залежи коренных ильменитовых, ильменит-титаномагнетитовых руд. Они подразделяются на четыре минеральных типа: апатит-титаномагнетит-ильменитовые руды, которые встречаются в месторождениях преимущественно краевых фаций, и в свою очередь, делятся на бедные (5–10% рудных минералов), средневкрапленные (10–20), густовкрапленные (20–40); апатит-ильменитовые руды малых интрузии; ильменитовые руды малых интрузий; апатит-ильменит-титаномагнетит-ульвошпинелевые руды.

Второй группой титановых месторождений являются гипергенные (остаточные) месторождения, которые представлены линейными площадными корами выветривания кристаллических пород и коренных титановых руд. Коренные и остаточные месторождения, а также породы Украинского щита и их коры выветривания являются главными источниками питания россыпей.

Основу современной титановой отрасли Украины представляют россыпи. Они подразделяются на континентальные (аллювиальные, аллювиально-склоновые), прибрежно-морские (мелководной фации моря) и современных пляжей и мелководного шельфа. Континентальные россыпи локализованы в различных по возрасту отложениях – от среднеюрских до антропогенных и приурочены к долинам и долинообразным впадинам. Прибрежно-морские россыпи олигоцен-миоценового возраста наиболее выражены в зоне сочленения Украинского щита (УЩ) и Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ), где прослеживаются широкой полосой примерно вдоль современного русла р. Днепр в северо-западном направлении на протяжении нескольких сотен километров. Это россыпи дальнего переноса, оторванные во времени и пространстве от коренных источников. Они образовались вследствие длительного и сложного переотложения и дифференциации сносимого с УЩ терригенного материала. Круговые, донные т.н. «циркумные» течения (Галецкий, 1988) в эпиконтинентальном морском бассейне и волноприбойные движения являлись основными агентами дифференциации песчаного материала и концентрации полезных компонентов вдоль «больших уступов». От россыпей ближнего сноса, преимущественно мономинеральных, прибрежно-морские россыпи отличаются полиминеральным составом, сохраняющимся на протяжении всей зоны их распространения. Ильменит, как правило, лейкоксенизированный – является основным минералом комплексных россыпей, развиты также рутил, циркон, тантало-ниобаты и другие устойчивые в гипергенных условиях минералы.

Таким образом, подтверждается выделение как россыпей ближнего сноса (континентальные, эллювиальные, аллювиальные, склоновые) так и россыпей дальнего сноса (морские мелководные, шельфовые, дельтовые).

В целом при современном уровне эксплуатации запасов и сохранении современных темпов освоения месторождений, запасов россыпных месторождений титана в Украине, по нашим оценкам, хватит на 30 лет.

Важной задачей является соблюдение требований экологической безопасности. В связи с этим необходимо проводить предварительную экспертизу будущих проектов и уделить внимание рекультивации нарушенных горными выработками земель и переработке отходов от добычи титановых руд.

Литература

- Атлас «Геологія і корисні копалини України».* Київ, 2001. С.130–132.
Галецкий Л.С., Ельянов М.Д., Кальная М.М., Бузов Н.В. Экзогенные рудоносные формации Украины // Геологический журнал. 1988. №1. С.3–15.
Ремезова О.О. Деякі проблеми дослідження родовищ ільменіту в межах Волинського титаноносного району з метою їх раціонального і комплексного використання // Науковий вісник Національного гірничого університету. 2003. №9. С.33–35.

Касситерит-колумбитовые россыпи Пержанского рудного поля

Галецкий Л.С., Романюк Л.С.

ИГН НАН Украины, *lesja2209@bigmir.net*

Пержанское россыпное касситерит-колумбитовое месторождение расположено в бассейне нижнего течения р. Перги, на ее правой свехпойменной террасе и в пойменной части долины. Оно состоит из восьми небольших, пространственно разнообразных россыпей, две из которых находятся в районе с. Рудня-Пержанская, а другие – в 1 км к востоку от с. Перга.

Изучение этих россыпей было начато еще в 1953–1960 годах (С.И. Гурвич, В.Ф. Лунько, Н.И. Рубан и др.). Тогда были выявлены небольшие россыпи, которые в условиях советской экономики не вызывали большого интереса на фоне крупных месторождений восточных регионов бывшего Союза. Однако, находки этих россыпей послужили толчком для проведения поисковых работ на коренные руды редких металлов, что привело к открытию крупного Пержанского месторождения редких металлов в связи с редкометальными гранитами и щелочными полевошпатовыми метасоматитами.

Промышленные контуры приурочены, главным образом, к давним долиноподобным подножиям небольших похороненных балок и ручьев. Эти понижения имеют самые разнообразные формы и направления простираения. Промышленные россыпи имеют доминирующее юго-западное и, частично, северо-западное направление простираения.

Продуктивный горизонт представлен мелководными отложениями палеогена, реликтами мезозой-палеогеновой континентальной толщи аллювиально-делювиального происхождения и верхней части коры выветривания кристаллических пород.

Мелководные отложения палеогена представлены двумя слоями: верхним – составленным серовато-зеленоватыми суглинками и супесями, которые в большинстве случаев не вмещают рудные минералы; нижним – рудоносным, составленным средне- и крупнозернистыми песками и грубопесчаными супесями светло-серого, иногда почти белого цвета.

Содержимое касситерита в нижнем горизонте достигает по отдельным пробам 350–1000 г/м³, в среднем – 366 г/м³. Содержимое колумбита по отдельным пробам 428–505 г/м³; среднее содержимое составляет 95–122 г/м³. В песках также присутствует циркон и, частично, циртолит до 0.1–0.5 кг/м³. Из других минералов отмечаются такие: рутил, вольфрам, монацит, бастнезит, ксенотим, пирит, марказит, сфалерит, галенит, гранаты, ильменит и другие.

В нижней части касситерит-колумбитовые россыпи представлены первичными каолинами кристаллических пород, верхняя часть которых носит признаки переотложения. Характеризуются они светло-серой окраской, наличие мелкой слюды (серицита), сохраняется структура материнских пород. Крупнообломочный материал составлен в верхней части (переход от песков к каолинам) мелкой галькой кварца; в нижних горизонтах отмечаются зерна полевого шпата, которые еще не разложились.

"Торфы" россыпей представлены водно-ледниковыми и, частично, аллювиальными отложениями четвертичной системы.

Средняя мощность производительного пласта касситерит-колумбитовых россыпей (Пержанских и Рудня-Пержанских) – 2.0 м; среднее содержимое касситерита 357 г/м³, колумбита 38 г/м³, циркона 0.1 г/м³. Средняя мощность "торфов" – 6.4 м, соотношение "торфов" к "пескам" 3.2:1. Общая протяженность контуров россыпей 7040 м, при средней ширине 90 м.

Основным источником снабжения рудных минералов в россыпи являются редкометальные граниты, метасоматиты и жильные образования пержанского комплекса гранито-щелочной формации мезопротерозоя.

Переоценка касситерит-колумбитовых россыпей Пержанского рудного поля дала возможность прироста запасов касситерита и сопутствующих минералов (до 1000 и больше тонн) за счет детального изучения флангов месторождения и поисков россыпей касситерита на новых площадях. Это дает возможность положительно оценить перспективы промышленного освоения этих россыпей в новых экономических условиях.

Литература

Галецкий Л.С., Романюк Л.С. Комплексная оценка и освоение Пержанского месторождения редких металлов. // Экологічна безпека техногенно-перевантажених регіонів та раціональне використання надр. Науково-практична конференція. 4–8 червня 2007 р. м. Коктебель, АР Крим. – Київ: НПЦ "Екологія Наука Техніка", 2007. С.66–68.

О перспективах выявления коренных источников россыпного золота Анабарского района (северо-восток Сибирской платформы)

Герасимов Б.Б.¹, Никифорова З.С.^{1,2}, Иванов П.О.²

¹ИГАБМ СО РАН, *bgerasimov@yandex.ru*;

²ОАО «Алмазы Анабара», *ivanovpo@alanab.ru*

Авторами более 10 лет ведутся исследования по типоморфизму россыпного золота Анабарского района, с целью разработки минералогических критериев прогнозной оценки рудной золотоносности. В результате этих работ выделены два типа золота, соответствующие двум этапам рудообразования (докембрийский и мезозойский), а также возможные формационные типы коренных источников (Никифорова и др., 2010).

Коренные источники докембрийского возраста. Золото I типа характеризуется мелкой фракцией (-0.25 мм), высокой пробностью (>900‰), малым набором элементов примесей, отсутствием минеральных включений, в основном пластинчатой и комковидной формами, вдавленными минералами на поверхности и сильно измененным внутренним строением. Данный тип золота широко распространен в россыпях северо-востока Сибирской платформы и приурочен к обрамлениям погребенных блоковых выступов фундамента. Коренными источниками этого золота, вероятно, являются рудопоявления золото-кварц-малосульфидного типа протерозойского возраста. Обнаружение в бассейне р. Малая Куонамка хорошо окатанного чешуйчатого золота (до 90%) с вариацией пробности 800–1000‰ с содержанием Си до 0.8% позволяет предположить, что коренными источниками служили рудопоявления золото-медно-порфирирового типа. Кроме этого, здесь отмечается (до 5%) хорошо окатанное золото, высокой пробности (< 900‰) с содержанием Pd от 3 до 7.5% и Си до 1.5%, что свидетельствует о наличии рудопоявлений золото-платиноидной формации.

Коренные источники мезозойского возраста. В бассейне среднего течения р. Анабар выявлено золото II типа – средне- и низкопробное, с содержанием Ag – от 10 до 50%, Hg – до 4% и примесями Fe, Sb, Pb и As, с крупно- и среднезернистой неизменной внутренней структурой, а также микровключениями кварца, пирита и арсенопирита. Источниками данного золота, вероятно, служат эпитермальные рудопоявления золото-сульфидно-кварцевой формации, которые контролируются разломами Молодо-Попигайской системы, подновленными в результате ТМА мезозойского возраста. В бассейне р. Эбелях выявление мелкого «агрегатного» среднепробного (850‰) ртутистого (Hg до 12.8%) золота, свидетельствует о наложенной низкотемпературной рудной минерализации на ранее сформированные россыпные проявления, расположенные в зонах разломов мезо-кайнозойского возраста. Обнаружение высоко серебристого золота II типа (10%) с пористой внутренней структурой в бассейне р. Уджа (Уджинский палеорифт) позволяет предположить о наличии близповерхностного коренного источника золото-серебряной формации, парагенетически связанного с вулканогенными образованиями пермо-триасового возраста.

Таким образом, на данной территории выделены перспективные участки на выявление золоторудных проявлений следующих формационных типов: золото-кварц-малосульфидной, золото-медно-порфирировой, золото-платиноидной докембрийского этапа рудообразования в обрамлении выходов кристаллического фундамента, а также золото-сульфидно-кварцевой и золото-серебряной мезозойского этапа, приуроченных к зонам разломов и внутриконтинентальному Уджинскому палеорифту, неоднократно регенерированному в мезо-кайнозойское время.

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 12-05-98500 р_восток_a и в рамках договорных НИР с ОАО «Алмазы Анабара».

Литература

Никифорова З.С., Герасимов Б.Б., Глушкова Е.Г., Каженкина А.Г. Типоморфизм россыпного золота // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия формирования месторождений, задачи прикладных исследований. М., 2010. С.100–102.

Россыпная золотоносность рч. Таборный (юго-западная часть Угуйского грабена)

Глушкова Е.Г., Никифорова З.С.

ИГАБМ СО РАН, anastasiy-9@yandex.ru, znikiforova@yandex.ru

Россыпная золотоносность рч. Таборный приурочена к субширотной Южно-Угуйской золотоносной зоне взбросово-надвиговых дислокаций, характеризующейся интенсивной трещиноватостью, брекчированием и дроблением нижнепротерозойских песчаников, катаклазом и милонитизацией. Дайки и силлы позднеюрских-раннемеловых щелочных сиенитов парагенетически связаны с золотоносными гидротермально-метасоматическими породами. Образование метасоматических изменений и вкраплено-прожилковой золоторудной минерализации произошло в период мезозойской ТМА (Двуреченская, Кряжев, 2005). Промышленные руды приурочены к зонам трещиноватости метасоматитов и характеризуются ранней золото-пирит-кварцевой вкраплено-прожилковой минерализацией и золото-сульфидно-кварцевой ассоциацией. Основными минералами метасоматитов являются калиевой полевой шпат и кварц, рудные минералы встречаются в незначительном количестве (до 1%) и представлены пиритом, марказитом, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, молибденитом и акантитом.

Авторами проведено изучение типоморфных признаков кластогенного золота рч. Таборный (верховье р. Усу), а также губчатого золота из зоны гипергенеза и рудного из протолочек метасоматитов месторождения Таборное, с целью определения коренного источника, послужившего формированию данной россыпной золотоносности. В результате исследования самородного золота из различных зон установлено, что оно характеризуется схожими типоморфными признаками (морфология, размер, химизм, микровключения), что свидетельствует о едином коренном источнике поступления металла. Существует мнение, что золотоносность исследуемой территории связана с поступлением золота из протерозойских конгломератов (Петров и др., 1961ф, 1962ф; Ляхницкий и др., 1966ф; Салаткин и др., 1968ф). По некоторым морфологическим особенностям золото рудного облика из русловых отложений рч. Таборный аналогично золоту из древних конгломератов, в которых В.Н. Салаткиным и др. (1968ф) выявлены повышенные содержания Au до 1.6–2.4 г/т. Однако в результате сравнения внутреннего строения золота выявлено их явное различие. Золото из древних коллекторов отличается значительной степенью преобразования (структуры рекристаллизации, линии деформации, высокопробные оболочки мощностью более 20 мкм и т.д.), в то время как в золоте месторождения Таборное выявлены лишь первичные структуры кристаллизации с начальной стадией преобразования внутреннего строения (многофазность, разнотермное строение, межзерновые прожилки, грануляция, отсутствие высокопробных оболочек). Полученные данные позволяют утверждать, что протерозойские толщи конгломератов не являлись источниками россыпных проявлений. Более того, нами установлено, что минеральный состав микровключений (пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, КПШ, кварц) в самородном золоте из русловых отложений рч. Таборный идентичен минералам из зон гидротермально-метасоматических преобразований, что свидетельствует о едином коренном источнике. К тому же, по данным С.С. Двуреченской, С.Г. Кряжева (2005) и С.В. Седенко (2001) в метасоматитах, как в цементирующей гидрогетит-калишпатовой массе, так и в кварцевых прожилках, наряду с тонкодисперсным, наблюдается видимое золото, по типоморфным признакам аналогичное изученному нами.

Таким образом, по схожести типоморфных признаков самородного золота рч. Таборный (верховья р. Усу) с золотом из метасоматитов месторождения Таборное сделан вывод, что россыпная золотоносность данной территории образована в результате поступления металла из зон гидротермально-метасоматического оруденения мезозойского возраста, а не из протерозойских коллекторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 12-05-98500 - р_восток_а.

Литература

Двуреченская С.С., Кряжев С.Г. Минералого-геохимические особенности пород и руд месторождения Таборное (западная часть Алданского щита) // Руды и металлы. 2005. №4. С.12–18.

Седенко С.В. Новый гидрогетит-кварц-калишпатовый тип мезозойского золотого оруденения Южно-Угуйского района (западная часть Алданского щита). Дис. ...канд. геол.- мин. наук. Москва.: 2001. 147 с.

Индикаторные свойства россыпеобразующих минералов

Гореликова Н.В.¹, Патык-Кара Н.Г., Чижова И.А.¹,
Давыдов П.С.², Наумов В.А.²

¹ИГЕМ РАН, ngor@igem.ru, ²ЕНИ Пермский университет

Памяти Н.А.Шило и Н.Г.Патык-Кара

Многолетний опыт изучения россыпеобразующих минералов из Ti-Zr, оловоносных и золотоносных россыпей под руководством Н.Г.Патык-Кара совместно с И.А.Чижовой позволил выявить индикаторные свойства основных минералов россыпей (ильменита, рутила, лейкоксена, TR-фосфатов, циркона, граната, касситерита, турмалина) как ближнего, так и дальнего сноса. Они отражают коренные источники и области питания россыпей (коренной источник — россыпь), условия переноса (среда, гидродинамическая обстановка, условия осадконакопления — тип россыпей), диагенетические и эпигенетические изменения россыпей и характер зональности россыпей. На примере изучения оловоносных россыпей северо-восточного шельфа Арктики (Северо-Ляховский район) с помощью факторного анализа и метода распознавания образов построена прогнозная система распознавания оловоносных россыпей по элементам-примесям в касситеритах, которая позволяет характеризовать коренные источники питания россыпей и уровень эрозионного среза коренных месторождений. Кристалломорфологический анализ касситеритов в вертикальном разрезе россыпей отражает характер структурно-морфологической эволюции кристаллов и тип отраженной зональности россыпей, которая проявляется в «омоложении» габитуса касситерита в нижних частях разреза (Гореликова и др., 1992, 1994). Установлено, что изучение эпигенетических преобразований минералов россыпей — ключ к выяснению эволюции россыпеобразования, т.к. морфология и микротопография минералов являются показателем обстановки их образования — литоральной, гляциальной, эоловой и диагенетической. Показана роль эоловых процессов в формировании россыпей Среднего Тимана (Патык-Кара и др., 1994) и Терского берега Кольского п-ва. Характер микротопографии зерен Ti-содержащих минералов свидетельствует о том, что они образовались частично в коре химического выветривания, частично — в период эпигенетического преобразования россыпей. Для аридных обстановок характерным показателем является пустынный загар на обломках пород каменистых пустынь, состоящий из иллит-монтмориллонита, каолинита, литиофорита, Al-гетита, Mg-Al асбола, хлорита и оксидов Mn, Ti, который может быть использован как возрастной маркер геоморфологических поверхностей разного уровня, что показано для террас и педиментов урочища Махтеш Рамон (Центральный Негев, Израиль) (Gorelikova & al., 1998). В фосфоритах месторождения Центральное (ВЕП) в пеллетах и желваках установлены микробиальные группы (кокки, цианобактерии, спикулы губок, раковины фораминифер и др.), что характеризует механизм и обстановку фосфатообразования, включающих хемогенные и биогенные процессы (Патык-Кара и др., 2004). Находки амальгам Au, Ag и Pt и самородных металлов в аллювиальных россыпях Весляна и Чус Верхне-Камской впадины и корах выветривания Урала можно рассматривать как свидетельство современной флюидной дегазации Земли, проявляющейся в пределах глубинных разломов в процессе тектоно-магматической активизации в осадочном чехле окраин Восточно-Европейской платформы (Савко, Шевырев, 2001). Рудопроявления Hg-содержащего Au являются индикаторами глубинных разломов. Природные металлы и сплавы можно рассматривать как доказательство трансмагматических флюидов, содержащих CH₄, H₂, CO, которые переносят металлы (Савко, 2001; Parnell, 2004).

Литература

Гореликова Н.В., Чижова И.А., Косовец Ю.Г. Парагенезисы микроэлементов касситерита как основа рудно-формационного анализа при прогнозировании коренных источников россыпей // Минералогия и геохимия россыпей. Москва: Наука, 1992. С.135–152.

Гореликова Н.В. и др. Минералого-геохимические особенности оловоносных россыпей Северо-Ляховского района (шельф моря Лаптевых) // Геол. рудн. месторожд. 1994. Т.36, №5. С.428–442.

Gorelikova N., Patyk-Kara N., Chizova I., Sivtsov A. Computerized Modeling of Rock-Varnish Dating // Computerized Modeling of Sedimentary Systems. Springer, 1998. P.413–426.

Патык-Кара Н.Г., Гореликова Н.В., Мохоев А.В. Циркон ископаемых россыпей как индикатор эоловых процессов // ДАН. 1994. С.613–615.

Коры выветривания по древним конгломератам – нетрадиционный источник алмазов в восточной части Зимбабвийского кратона

Грановская Н.В.¹, Грановский Г.А.²

¹Южный федеральный университет, *grannv@sfedu.ru*;

²Lali Mining Company, *gran_grisha@mail.ru*

Африка служит эталоном для решения многих вопросов геологии, включающих проблемы формирования древних и современных россыпей алмазов. Помимо четвертичных аллювиальных россыпей, здесь известны скопления алмазов в грубообломочных терригенных породах различного возраста (от мезозоя до протерозоя). Причем древние галечники могут играть роль, как промежуточных коллекторов алмазов, так и объектов добычи этого ценного минерала. Промышленная значимость древних россыпей алмазов повышается при развитии на них кор выветривания. В начале XXI века подобные объекты были обнаружены в Зимбабве и сразу же привлекли внимание геологов своей неординарностью. К ним относятся уникальные алмазные конгломераты районов Маранге (Marange) и Чиманимани (Chimanimani).

Новые алмазные объекты локализованы в полях развития протерозойских осадочных пород системы Умкондо (Umkondo), которые с несогласием залегают на гранито-гнейсах архейского кратона Зимбабве. Осадочные образования системы Умкондо пронизаны дайками и силами долеритов. Достоверно установленные алмазные кимберлитовые или лампроитовые интрузии на территории Восточного Зимбабве не известны.

Алмазные конгломераты Маранге относятся к базальным образованиям западного края бассейна Умкондо и залегают на архейских гранитах. Они содержат хорошо окатанные кварцевые обломки (размером 2–10 см) в крупнокристаллическом полевошпатовом базисе и в метаморфизованной песчано-гравийной массе кварц-полевошпатового состава. Алмазы отличаются округлой (иногда октаэдрической) формой, точечной коррозией, коричневыми пятнами на поверхности, крупными размерами (до 50 карат) и ураганными содержаниями (от 5 до 150 карат на 1 м³). Продуктивные тела представлены струями и линзами, протяженностью от сотен метров до первых километров, мощностью до 2–3 м. Локализация грубообломочных образований с алмазами связана с направлением древних речных и временных потоков на окраине бассейна Умкондо. В технологию добычи алмазов вовлечена лишь дезинтегрированная часть продуктивной толщи – элювиальные образования, обогащенные алмазами за счет разложения неустойчивых к выветриванию полевых шпатов.

Алмазные конгломераты Чиманимани находятся на более высоком стратиграфическом уровне серии Умкондо и формировались в её восточной части. Промышленные скопления алмазов здесь были открыты в 2008 г. с участием авторов в бассейне р. Хароне (Haroni). Месторождение Хароне представлено линзовидным телом метаморфизованных мелкообломочных галечников, несогласно залегающих среди кварцитовидных песчаников, локально метаморфизованных до кордиеритовых роговиков. Псефиты сложены разноокатанными обломками (от 0.4 до 20 см) кварца, кварцитов, биотитизированных и гематитизированных кварцевых песчаников, редко плагиогранитами и метасоматически измененными жильными породами, содержащими ортопироксен. Цемент кварцевый. Алмазными являются как метаконгломераты, так и развитая по ним глинисто-древяно-щепнистая кора выветривания, в которых присутствуют алмазы октаэдрической и кубической формы, а также их осколки. Алмазы (от 0.2 до 5 карат) имеют зеленоватую окраску, на их поверхности развиты треугольники растворения, шрамы, каналы травления, серповидные трещины. Традиционные минералы-спутники алмазов практически отсутствуют. В данной геологической ситуации поиски алмазов с помощью «пироповых дорожек» не эффективны.

Полученные данные указывают на то, что древние россыпи Маранге и Чиманимани относятся к протерозойским аллювиально-пролювиальным образованиям и их высокая алмазность должна быть обусловлена ближайшим сносом кимберлит-лампроитовых продуктов с перетолжением в эрозионных ловушках вблизи алмазных труб.

Элювиальные россыпи Маранге являются источниками алмазов для богатых четвертичных делювиальных, пролювиальных и аллювиальных россыпей.

Современное положение древних алмазных галечников на педиментах у хребта Чиманимани, практически не затронутых эрозионными процессами, не способствует формированию шлиховых потоков.

Напорно-флюидная модель формирования рудоносных россыпей в пульсациях земли

Епифанов В.А.

ФГУП «СНИИГГУМС», v-pif@sniiggims.ru

Для многих россыпей актуальной является «проблема коренных источников». Нередка ситуация, при которой тип первоисточников рудного вещества принципиально определен, но сам источник не обнаруживается даже при многолетних и детальном поисках. В таких случаях ставится «проблема транспорта» материала в россыпь и делаются попытки ее решения.

Наиболее широко распространенное «решение» этой проблемы в северных регионах России – выводы о перемещении рудных минералов в результате экзарационной деятельности ледников. При этом некоторыми исследователями их дальность латерального переноса определяется вплоть до величин в несколько тысяч километров (например, алмазов с Балтийского щита на Урал). На основании подобных взглядов районы с «проблемными россыпями» оцениваются как не перспективные, поиски источников сворачиваются, и, по мнению автора, упускается возможность реальной оценки ресурсного потенциала территорий.

Вместе с тем, давно уже известны механизмы вертикальной транспортировки породного материала из земных глубин. Проявления «грязевого вулканизма» установлены в 26 странах, обнаружено более 800 «вулканов». В результате таких явлений на дневную поверхность в изобилии выносятся разнородный, разновеликий и различно окатанный обломочный материал (сочные брекчии и пр.). «Вулканизм» проявлен в рыхлых осадках и развит в сейсмически активных районах в пределах зон тангенциального сжатия (фиксируемого надвигами) пород.

Очевидно, что в ходе пульсационного развития Земли в активные фазы сжатия интенсивность и масштаб таких явлений резко возрастали. В литифицированных породах они реализовывались в виде «гидровулканизма», который характеризуется интенсивным напорным и обильноводным выносом на дневную поверхность несортированного глубинного материала размером от алевритов до глыб весом в несколько тонн (Иванчук, 1967; Баландин, 2009).

Явления «гидровулканизма» нами названы «блоуаутингом» (blowout – выброс фонтана), поскольку вулканизм – магматический процесс, а напорные выбросы газо-водных флюидов в платформенных условиях связаны с возникновением аномально высоких давлений в залежах и водоносных горизонтах в результате тангенциальных тектонических напряжений (Епифанов, 2010). В областях развития древних консолидированных толщ каналами для реализации блоуаутинга должны являться зоны пересечения глубинных и оперяющих их разломов, а также дислоцированные зоны в контактах интрузий, например, погребенных кимберлитовых трубок. Вынесенный фонтанированием из околотрубочного пространства обломочный материал может содержать алмазы. Они же могут экспонироваться на дневную поверхность и из глубинных водоносных промежуточных коллекторов, обычно сложенных грубообломочными осадками. Устья таких каналов часто наследуются обводненными депрессиями – озерами и болотами.

Выброшенный газово-водными потоками изначально несортированный разнородный материал частично размывается, оплывает и дифференцируется по размерности, и создает специфические формы рельефа, по облику и составу подобные «классическим» ледниковым и флювиогляциальным отложениям, за которые традиционно и принимается (Епифанов, 2011).

Таким образом, при обнаружении рудных концентраций в «ледниковых отложениях», прежде чем давать негативную оценку перспективам территорий, следует убедиться в том, что осадки действительно образованы ледниками, и их транспортировка не была вертикальной.

Литература

- Баландин Р. К.* Гидровулканы // Земля и Вселенная. 2009. №6. С.90–96.
- Епифанов В. А.* «Blowout fluid» как возможная причина формирования алмазоносных россыпей // «Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения»: Матер. XIV Междунар. совещ. Новосибирск: изд-во ООО «Апельсин», 2010. С.234–239.
- Епифанов В.А.* Напорно-флюидная модель формирования отложений «ледникового типа» // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. VII Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода. Т.1. Апатиты; СПб, 2011. С.191–194.
- Иванчук П. П.* Гидровулканизм // Природа. 1967. №7. С.49–57.

Терригенные породы нижнего отдела меловой системы Воронежской антеклизы – дополнительный источник циркония

Звонарев А.Е.

Геологический факультет ВГУ, zvonandrej@yandex.ru

Растущие темпы использования диоксида циркония заставляют искать нетрадиционные источники его сырья. Все чаще на ближайшую перспективу рассматриваются титан-циркониевые россыпи Центральной полосы России. Ограниченность запасов этих месторождений на фоне стремительно нарастающей потребности в данном виде сырья ставит вопрос об источниках на далекую перспективу. В качестве последних, нами рассмотрены терригенные породы нижнего отдела меловой системы Воронежской антеклизы, которые обычно используются в строительной индустрии. Для оценки возможности попутного извлечения полезных компонентов из данных пород были составлены карты распределения средних значений содержания циркона для всех ярусов нижнего мела территории ЦЧР.

Нижний отдел меловой системы в пределах Воронежской антеклизы представлен валанжинским, нерасчлененными готеривским и барремским, аптским и альбским ярусами.

Для валанжинского яруса в распределении средних содержаний циркона отмечаются вариации от первых граммов до первых килограммов на тонну. Наибольшие содержания установлены для района КМА, где они достигают 2.5–5.2 кг/т.

Еще большие вариации содержаний циркона установлены для готеривского и барремского ярусов. Наименьшие содержания характерны для центральной части антеклизы, где они варьируют от 0.1 до 0.5 кг/т, на крыльях они увеличиваются. Так на северо-востоке достигают 0.9 кг/т, на юго-западе – 12.9–18.9 кг/т.

Для аптского яруса увеличение содержаний отмечается на крыльях антеклизы. Так на северо-востоке в районе г. Тамбов они достигают 1.2 кг/т, на юго-западе около 2 кг/т при максимуме (4.7 кг/т) к северу от г. Белгород. В осевой части антеклизы содержания варьируют от 0.6 до 0.9 кг/т. Наименьшие значения характерны для севера Воронежской антеклизы в пределах Орловской и Липецкой областей, где они составляют 0.1–0.2 кг/т с несущественным увеличением до 0.6 кг/т в пределах района Волчинской россыпи.

Альбский ярус характеризуется незначительным превышением содержаний циркона на крыльях до 1.3 кг/т относительно осевой части антеклизы, где они варьируют от 0.2 до 0.7 кг/т.

Сопоставление построенных минералогических карт с имеющимися литолого-фациальными картами рассмотренных ярусов (Литология..., 2001) позволило установить некоторые закономерности в распределении содержаний циркона в пределах антеклизы. Увеличение содержаний циркона характерно для разрезов, в которых преобладают глинистые и тонко-мелко-песчаные породы, накопившиеся в относительно спокойных гидродинамических условиях. Отмечено уменьшение содержаний циркона в прибрежно- и мелководно-морских зонах на фоне концентрирования его в известных россыпных зонах аптского яруса (Титан – циркониевые..., 1995). Существенное увеличение содержаний в пределах КМА связаны с влиянием здесь источников из более древних пород, в составе которых известны значительные содержания циркона (Звонарев и др., 2005).

Полученные результаты могут быть использованы для учета комплексного освоения пород нижнего отдела меловой системы при составлении программ недропользования, особенно в районе КМА, где они являются вскрышными.

Литература

Литология и фации донеогеновых отложений Воронежской антеклизы / А.Д. Савко., С.В. Мануковский, А.И. Мизин и др. Воронеж: Б.и., 2001. 201 с. (Тр. НИИ геологии ВГУ; Вып.3).

Титан-циркониевые россыпи Центрально-Черноземного района / А.Д. Савко, В.И. Беляев, Н.Н. Иконников, Д.А. Иванов; Под ред. А.Д. Савко. Воронеж: Воронеж, 1995. 147 с.

Звонарев А.Е., Савко А.Д. Акцессорные минералы меловых и палеогеновых отложений Воронежской антеклизы / А.Е. Звонарев, А.Д.Савко. Воронеж: Б.и., 2005. 152 с. (Тр. НИИ геологии ВГУ; Вып.29).

Использование древних кор выветривания при поисках алмазных месторождений

Зинчук М.Н., Зинчук Н.Н.

Западно-Якутский научный центр АН РС(Я), nnzinchuk@rambler.ru

Выявленные закономерности размещения на территории основных алмазоносных районов (Малоботуобинского, Далдыно-Алакитского, Среднемархинского и др.) Сибирской платформы древних кор выветривания на разновозрастных породах различного состава (терригенно-карбонатных, долеритах, туфах, туфобрекчиях, туфогенных образованиях и кимберлитах) и на этой основе разработать принципы регионального и локального районирования перспективных территорий по степени развития и сохранности элювиальных образований и продуктов их ближнего переотложения в верхнепалеозойских и мезозойских толщах. Принципы регионального районирования описываемой территории по степени развития и сохранности допозднепалеозойских и дораннеюрских кор выветривания различны. Так, в позднем девоне-раннем карбоне крупными положительными структурами этой провинции, в которых существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования, являлись Ангарская и Непско-Ботуобинская антеклизы и их склоны. В позднем палеозое развитые здесь коры выветривания подверглись значительному размыву и переотложению в коррелятивные образования, формировавшиеся в пределах Ыгыаттинской и Кемпендяйской впадин, а также Тунгусской синеклизы. В последующие периоды (включая и кайнозойский этап) вся рассматриваемая провинция испытывала неоднородные поднятия (особенно интенсивные на Анабарской антеклизе), что привело к значительному срезу не только кор выветривания и перекрывающих их отложений, но и значительной по мощности части материнских пород. Поэтому в региональном плане коры выветривания этого возраста сохранились от размыва только на восточном борту Тунгусской синеклизы, наложенном на склоне Анабарской и Непско-Ботуобинской антеклиз, где продукты выветривания сохранились благодаря перекрытию их каменноугольно-пермскими отложениями и на каждом конкретном участке их сохранность контролируется локальными структурами. В средне-позднетриасовое время благоприятной региональной структурой описываемой территории, где происходило интенсивное выветривания обнажавшихся пород, было Средне-Сибирское плоскогорье, сложенное в основном породами трапповой формации, и его склоны, обрамляющие трапповое плато в виде структурной террасы. Сложена последняя преимущественно терригенно-карбонатными породами нижнего палеозоя и является своего рода структурным уступом, зоной перехода в центральную часть Ангаро-Вилюйского прогиба и северо-западной окраины Вилюйской синеклизы, где практически отсутствовали условия для формирования коры выветривания и происходило накопления коррелятивных отложений. Принципы локального районирования исследуемой территории по степени развития и сохранности древних кор выветривания хорошо изучены в пределах Малоботуобинского района, где развивались относительно наиболее полные площадные коры выветривания на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя и локальные на трубках взрыва трапповых и кимберлитовых пород. Они сохранились от размыва в пределах Улу-Тогинского, Мирнинского, Джункунского и Чернышевского палеоподнятий и их склонов, обрамлявших Кюеляхскую, Улахан-Ботуобинскую и Ахтарандинскую впадины. Поэтому позднедевонские-раннекаменноугольные поверхности выравнивания и коры выветривания сохранились только в северо-западной половине района, а на юго-восточной они полностью уничтожены в процессе формирования Ангаро-Вилюйского наложенного мезозойского прогиба. Наименее благоприятны для развития и сохранения таких кор выветривания позднепалеозойские впадины, служившие местами аккумуляции переотложенного материала элювиальных образований. Поэтому только в пределах осложняющих их мелких поднятий, которые могут быть установлены при более детальных работах, можно обнаружить заслуживающие внимания коры выветривания, характеризующиеся начальными стадиями дезинтеграции пород субстрата.

Таким образом, результаты исследований позволяют провести локальное районирование рассматриваемой территории на площади, где были следующие условия для развития и сохранения позднедевонско-раннекаменноугольных и средне-позднетриасовых кор выветривания и продуктов их ближнего переотложения: а) неблагоприятные (нижние части палеовпадины); б) благоприятные (верхние части палеоподнятий); в) весьма благоприятные (склоны этих структур).

Особенности строения и вещественного состава золотоносных кор химического выветривания Кедровско-Ивдельского рудно-россыпного узла (восточный склон Северного Урала)

Зубова Т.П., Агибалов О.А., Иванов Н.М., Краснов А.Н., Кондратьев А.В., Черемисина Е.А., Шатилова Л.В., Щегольков Ю.В., Филиппов В.П.

ЦНИГРИ, vosp@tsnigri.ru

В пределах узла работами авторов установлено широкое распространение глинистых золотоносных кор выветривания (ЗКВ), приуроченных к протяженным зонам золото-сульфидно-кварцевой минерализации. Золотоносные коры, по данным горно-буровых и геохимических работ, сопровождаются комплексными геохимическими ореолами золота и рудогенных элементов As, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba, P, Ti, а также полями развития золотоносных россыпей.

В зависимости от литолого-структурной особенности субстрата выделяются остаточные линейно-трещинные, переотложенные контактово-карстовые и карстовые коры выветривания (КВ).

В разрезе остаточной ЗКВ проявляется тенденция ослабления степени преобразования рудного вещества минерализованных зон и вмещающих пород от верхних горизонтов к нижним. Наблюдается уменьшение глинистости от 60–80% – в верхних горизонтах до 45% – в нижних; в последних увеличивается общее количество неокисленных сульфидов (пирита, арсенопирита), появляются остаточные минералы коренного субстрата (пирофиллит и калиевый полевоый шпатель продукты метасоматоза). У преобладающей массы самородного золота наиболее «зрелой» части ЗКВ существенно меняется внутренняя структура – наблюдаются высокопробные коррозионные каймы, межзерновые прожилки; иногда изменениям подвергнута значительная площадь среза золотины. В нижних горизонтах профиля выветривания начинает преобладать золото рудного облика без явных следов гипергенных изменений; нередко отмечаются кристаллы и их сростки. Внутренняя структура монозернистая, разномзернистая (или крупномзернистая двойниковая). В самородном золоте ЗКВ установлен комплекс рудогенных элементов-примесей. Из 117 навесок золота Hg и Te содержат 100% проб, W – 93%, Pt – 60%, Bi – 59%, Sb – 31%, Pb – 14%, Pd – 11%, As и Zn – 8%. Отмечается отчетливая тенденция изменения концентраций элементов примесей золота, отобранных с разных уровней профиля выветривания. Наиболее тесно связаны с ЗКВ ложковые россыпи с содержаниями золота 500–3000 мг/м³. В качестве элементов-примесей в россыпном золоте полностью отсутствует As, Sb, Zn, Pd, крайне редко присутствует Pb, что свидетельствует об облагораживании металла.

Особенностью золоторудной минерализации узла является ассоциация золота с фосфором. В пробах из коры выветривания, содержащих большое количество обломков кварц-полевошпатовых метасоматитов с прожилками и вкрапленностью окисленного пирита, включениями самородного золота, установлены аномально высокие содержания фосфора. Геохимические аномалии золота и фосфора образуют комплексные аномалии в плане и разрезе. На геохимическую связь золота с фосфором в своё время указывал А.Е.Ферсман.

Выявленная устойчивая прямая корреляция Au и P, подтверждается данными ОЖЕ спектроскопии (ЭОС). На поверхности ряда золотин зафиксирован фосфор в ассоциации с кальцием, эти же элементы в ассоциации с N и Cl обнаружены на поверхности индукционных граней пирита.

Зоны ЗКВ в плане и разрезе сопровождаются интенсивным ожелезнением и контрастными ореолами Ti. Аномально высокие содержания последнего установлены и в окисленном золотоносном пирите с содержаниями золота в нём до 10–38 г/т.

Проявленный комплекс прямых и косвенных признаков золоторудной минерализации, тесное пространственное совмещение эндогенного и экзогенного типов золотоносности отражают чётко выраженную систему – «коренной источник- кора выветривания- россыпь». Указанное обстоятельство является важным оценочным прогнозно-поисковым критерием в пределах рудно-россыпных таксонов металлогенических провинций.

Типовая геологическая обстановка узла, характерная для Ауэрбах-Краснотурьинской металлогенической зоны, особенности вещественного состава золотоносных кор, а также локализованные в результате ГРП прогнозные ресурсы являются надёжными предпосылками выявления в пределах узла промышленного золоторудного объекта Воронцовского типа.

Геология и условия формирования Юсупташского благороднометалльного рудного поля

Игамбердиев Э.Э.¹, Абдумоминов Ш.А.², Юсупов Р.Г.³

¹Госкомгеологии РУз, *Erkin.67@inbox.ru*; ²Госпробирная палата РУз;

³ННО «Ветеран геологии» Госкомгеологии РУз, *r.g.yusupov@bk.ru*

Юсупташское рудное поле прибрежно-морских (пляжевой фации) отложений мергелей, глин монтмориллонитового состава, ракушняков (низы разреза), высокосортных кварцевых песков и песчаников, гравелитов, конгломератов (верхи разреза) формировался в верхнеэоцен-нижнеолигоценое время палеогенового периода. Верхний слой (верхний эоцен) отложений, мощностью от 3 м и более (15–20 м) – продуктивный горизонт на благородные металлы. Исследованиями гравийно-галечниковых образований, кварцевых песков и песчаников методами масспектрометрии и атомно-адсорбции установили их высокую кремнеземистость (SiO₂ до 97.5–98 вес.%), которым сопутствует благороднометалльность (Au, Pd, Pt, Rh и др.) с комплексом элементов-примесей (Pb, U, Th, Tc, Cr, Ni, Fe, Mn, Hg и др.). В результате обозначилась практически значимая продуктивность и металлоносность прибрежно-морских (литоральных) отложений. В галечниках, кварцевых песках и песчаниках и их слагающих минералах содержания Au совместно с Pt, Rh и др. в относительно высоких количествах достигают в среднем 2.5 г/т, Pd 4.4–5.6 г/т. Для Юсупташского благороднометалльного рудного поля характерны следующие особенности геологии и условия формирования:

1. Благороднометалльный практически значимый минеральный комплекс представлен, кроме Au металлами платиновой группы (Pd, Pt, Rh) и сопутствующими U, Tc и др.

2. В кремниевых гальках, зернах кварцевых песков и др. благороднометалльная минерализация локализуется в наноструктурных (кластерных) формах нахождения в составах Fe-Si-U органо-минеральных включениях окисно- и гидроокисного типа.

3. Основным фактором формирования благороднометалльного оруденения в верхнеэоцен-нижнеолигеновых прибрежно-морских (литоральных) образованиях служит переработка волноприбойной деятельностью многометалльной (Au, Ag, Re, Pt, REE, Sc, Se и др.) эпигенетической минерализации, преимущественно локализованной в углеродосодержащих (возможно, тухолитовых горизонтах) туранских сланцах, фрагментарно сохранившиеся в бассейне реки Амударьи и Чу-Илийских горах, Гиссарской, Бухаро-Каршинской, Кызилкумской и других территориях.

4. Тесные металлохимические связи благороднометалльной минерализации с кремнием (сердолики, кремниевые гальки, кварцевые пески и песчаники) проявились на рудном поле в форме оруденения юсупташского типа. Природа концентрации золота, металлов платиновой группы и сопутствующей минерализации предположительно происходило с участием органо-генного биогенеза. Структурные преобразования органо- и минеральных рудных компонентов от амарфного к квазикристаллическому и кристаллическому состояниям сопровождалась формированием благороднометалльной минерализации в комплексе с ураном и др. Для региона этот тип минерализации является практически интересным для промышленного освоения.

5. Геолого-генетическая модель формирования благороднометалльного оруденения Юсупташского типа исходит из обобщенного строения профиля морского пляжа, внутреннего распределения литоральных россыпей, содержаний в них благороднометалльной минерализации. Гравитационная дифференциация минеральных компонентов осадка позволяет рассматривать условия переноса и накопления рудных компонентов и их тонких линзовидно-ленточных минеральных залежей и обломочных рудных компонентов по плотикам.

Литература

Абдумоминов Ш.А. Сердолики верхнеэоцен-нижнеолигеновых прибрежно-морских отложений (Приташкентский район, Узбекистан) // Геология и минеральные ресурсы. 2012. №3. С.45–49.

Игамбердиев Э.Э., Юсупов Р.Г. Благороднометалльная минерализация на месторождении Юсупташ (Срединный Тянь-Шань) // Геология и минеральные ресурсы. 2008. №6. С.26–30.

Шило Н.А. Учение о россыпях. М.: Академия горных наук, 2000.

Проявления россыпной алмазности погребенных, экспонируемых и денудированных импактных структур кристаллических щитов Северной Азии

Каменцев Л.И.

ИТМО, levkamentcev@gmail.com

На территории североазиатского кратона расположены два стабильных древних кристаллических щита – Алданский и Анабарский, на территории которых вероятно найдены еще не идентифицированные импактные структуры. Согласно расчетам (Ударные..., 1983) скорость кратерообразующего потока в течении последних 3 млрд. лет оказывалась приблизительно постоянной. При этом количество кратеров того или иного диаметра убывает с его увеличением в геометрическом прогрессе; например, на площади 1 млн. км² кратер диаметром более 4 км – каждые 15–20 млн. лет, а диаметром более 30 км – каждые 500 млн. лет. Таким образом, неоднородность пространственно-временного распределения астроблем определяется преимущественно их избирательным уничтожением вследствие тех или иных геологических процессов, в основном денудации и тектонических процессов. Продолжительность их существования подчиняется выраженным зависимостям; дольше существуют крупные кратеры, срок существования небольших кратеров более короткий. В целом возможны отклонения от данного правила, в случае отсутствия ощутимого поднятия данной территории кратеры могут сохраняться достаточно долгое время. Полное исчезновение кратера достигается при денудации всего коптогенного комплекса и зоны центрального поднятия. Окрестности древних кристаллических щитов являются, по мнению некоторых исследователей, зоной сохранения древних импактных структур. Согласно (Алмазные..., 1998), такая ситуация возникает в результате того, что в их краевой зоне сохраняются стабильные условия с незначительными вертикальными перемещениями (либо их полным отсутствием) благоприятствующими сохранности импактных космогенных структур. Часть крупных импактных структур на территории России располагается по периферии кристаллических щитов – Янисъярви у Балтийского, Попигайский метеоритный кратер у Анабарского щита. В связи с возможным длительным экспонированием астроблем, кристаллические щиты могут являться источником россыпных алмазов импактного происхождения, как это уже выявлено в связи с Анабарским и Балтийским щитами. (Алмазные..., 1998 Каменцев 2009)

Согласно, (Гуров, Гурова, 1984) был произведен соответствующий подсчет возможного количества астроблем на Анабарской антеклизе и Оленекском поднятии. Согласно ему, ожидаемое количество астроблем в пределах обозначенного региона составляет 10–15 структур. Эта цифра близко совпадает с количеством кольцевых структур предполагаемого метеоритного происхождения, установленных в этой части Сибирской платформы по данным изучения космических снимков.

Первоначально, в этом районе были установлены брекчиевые породы вулканогенного облика, описанные в дальнейшем как ультракалиевые трахиты (Ваганов, Константиновский 1978) При этом подчеркивалась сходство описываемых образований с породами Попигайского кратера. В ходе проверочных поисков астроблем в восточной части Анабарской антеклизы в 1981 г. было практически показано принадлежность исследованных образований к импактитам.

Таким образом, вышеперечисленные астроблемы могут считаться потенциальными источниками россыпных импактных алмазов.

Литература

Алмазные импактиты Попигайской астроблемы / В.Л. Масайтис, М.С. Мащак, А.Н. Райхлин СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 179 с.

Гуров Е.П. Гурова Е.П. Импактиты из бассейна р. Куонамки (Анабарский массив) // Метеоретика. 1984. Вып.43 С.173–177.

Ударные кратеры на Луне и планетах. М.: Наука, 1983

Ваганов В.И., Константиновский А.А. Ультракалиевые трахиты на восточном склоне Анабарского массива // ДАН СССР. 1978. №241. С.691–694.

Каменцев Л.И. Импактные алмазы в материале выбросов сохранившихся и денудированных астроблем – палеогеографические и стратиграфические следствия // Система коренной источник- россыпь. Мат-лы конф. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2009. С.63–66.

Четвертичные золотоносные россыпи Украины

Ковальчук М.С.

ИГН НАН Украины, kms1964@ukr.net

В четвертичных отложениях Украины установлены многочисленные проявления и рудопроявления рассыпного золота. Наибольшее распространение золотоносные россыпи имеют в Украинских Карпатах. Здесь золотоносность сосредоточена в аллювии современных водотоков и их надпойменных террасах, в частности рек и ручьев Белый Черемош, Боржава, Латорица, Ломница, Лючка, Малый Серет, Опор, Пистынка, Прут, Путила, Серет, Стрый, Тиса, Тисменица, Уж, Черный Черемош, Альбин, Баласунив, Медведица, Воловий, Дземброня, Дил, Добрин, Жупаны, Золотой Петричив, Ильця, Каранчив, Ключевка, Красник, Кошуя, Ластун, Малахитовый, Маскотын, Ммхидра, Перкалаб, Прилучной, Солонцовка, Чепурной, Яворник и др.

Золотоносные россыпи Крыма сосредоточены в аллювии современных водотоков и их надпойменных террасах Альма, Ангара, Бельбек, Биук-Карасу, Булганак, Бурульча, Большой Салгир, Карасевка, Кача, Курлюк-Су, Малая Карасевка, Малый Салгир, Мокрый Индол, Прабурульча, Салгир, Тавель, Фундуклы, Черная и др.; а также в пределах водоразделов (нижне-четвертичные отложения), в образованиях черноморских террас, пляжа, лиманов, заливов, бухт, а также в прибрежно-морских и морских осадках.

В пределах Украинского щита рассыпная золотоносность представлена делювиальными, делювиально-пролювиальными и аллювиальными образованиями. Золото выявлено в аллювии рек Ирша, Тетерев, Рось, Синюга, Собь, Желтая, Саксагань, Ингулец, Днепр, Берестовая, Кильтичия, Чокрак, Конка, Берда, Обиточная и др.

В Донбассе незначительные россыпи золота установлены в аллювии рек Нагольная, Крынка, Миус, Крепенькая, Средняя Тузловая и др.

В пределах Волыно-Подольской плиты наиболее значительные россыпи сосредоточены в аллювии среднего течения реки Днестр и его левых притоков, а также в их надпойменных террасах.

Размер золота изменяется в широких пределах от 0.01 мм до 10.0 мм. Наибольшие размеры имеет золото из аллювиальных отложений Украинских Карпат.

Золото имеет разную степень механического износа. Наиболее трансформировано золото из россыпей Украинских Карпат и Украинского щита. На поверхности зерен отмечаются многочисленные механические шрамы, края сглажены, обмяты. Часто встречается золото с механическими деформациями, выраженными в загибании краев, скручивании, развальцовывании золота.

По морфологии преобладает тонко- и толсточешуйчатое золото; в подчиненном количестве установлены комко-, проволоко-, шарообразные зерна, а также зерна золота неправильной и экзотической формы; изредка встречаются кристаллы октаэдрической, кубической и таблитчатой формы.

Кроме самородного золота в четвертичных россыпях установлены амальгама, электрум, аурикуприд, купроаурит, ртуть-, стибий-, свинец-, медьсодержащее золото.

Для многих россыпей связь золотоносности с коренными источниками не установлена вследствие геохронологической транзитности минерала из более низких стратиграфических уровней на более высокие.

К сожалению, в последнее двадцатилетие золотоносность террасовых отложений не исследуется, хотя золотоносными являются почти все надпойменные террасы.

Несмотря на то, что золотоносные россыпи не всегда выдержаны как в вертикальном разрезе, так и по простиранию, в них отмечаются участки со значительным и даже промышленным содержанием золота. Запасы золота на таких участках достигают сотни килограмм на объект. На таких объектах можно вести полупромышленную добычу золота с помощью передвижных обогатительных установок.

Нижнемеловые аллювиальные россыпи золота района Каневских дислокаций

Ковальчук М.С., Крошко Ю.В.

ИГН НАН Украины, kms1964@ukr.net, tamagoji.79@mail.ru

Нижнемеловые отложения являются наиболее древними континентальными образованиями в пределах центральной части Украинского щита. Их образование пространственно и парагенетически связано с корами выветривания (каолиновыми и латеритными) пород кристаллического фундамента. Нижнемеловые отложения выполняют эрозионно-тектонические палеодолины и в генетическом плане представлены делювиально-пролювиальными, пролювиально-аллювиальными, аллювиальными и озерными образованиями (Ковальчук, 1993, Ковальчук, Крошко, 2011). Нижнемеловые континентальные отложения в пределах Каневской гляциально-тектонической напорно-ледниковой возвышенности являются продолжением Канев-Звенигородской эрозионно-тектонической палеодепрессии, которая выполнена апт-нижнеальбскими континентальными образованиями, содержащих рассыпное золото. В районе Каневских дислокаций континентальные отложения трансформированы и сохранились в виде отдельных частей аллювиального разреза, который содержит рассыпное золото иногда в промышленных концентрациях.

Рассыпная золотоносность нижнемеловых аллювиальных отложений района Каневских дислокаций установлена А. К. Мазуром в 1973–1974 годах. В дальнейшем наличие рассыпного золота в нижнемеловом аллювии была подтверждена работами Ветрова Ю. И., Зуева А. Ф., Соловьева Г. С., Ковальчука М. С. Рассыпное золото в нижнемеловом аллювии установлено в оврагах Дунаец, Костянецкий, Меланчин Поток, Сухой Поток. В генетическом отношении отложения представлены образованиями аллювиальной макрофации и фаций русла, прирусловой отмели, поймы. В литологическом отношении это разнозернистые (от мелко- до крупнозернистых) пески, которые содержат разное соотношение глинистого вещества. Иногда в подошве и в средней части разреза встречаются гравий и галька (до 10 см) кварца. Мощность отложений достигает 2.8 м.

Золото установлено почти по всему разрезу, однако наибольшие его концентрации приурочены к приплотиковой части; иногда золото формирует струи в средней части разреза. Как правило, верхняя часть разреза, представленная мелкозернистыми слабogliнистыми песками, золота не содержит, или содержит лишь одиночные его знаки. Установлена прямая связь между наличием и размером кварцевой гальки и содержанием, размером зерен золота, а также между глинистостью отложений и наличием золота. Так, золото всегда присутствует в отложениях, содержащих гальку кварца, и с увеличением размера галечного материала увеличивается размер зерен золота, а также его содержание в разрезе. С увеличением глинистости галечно-гравийно-песчаных образований возрастает содержание в них золота. Степень сортировки обломочного материала плохая, или вообще отсутствует.

Золото представлено комко-, конусо-, проволоко-, сердце-, гантеле-, лепешкоподобными, пластинчатыми формами, а также кристаллами преимущественно октаэдрической формы. Размер зерен золота 0.1–2.3 мм. Поверхность зерен неровная, шагреневая, гладкая, мелкоямчатая, иногда с механическими царапинами. Кое-где встречаются зерна с механическими изгибами и перегибами краев. Часто встречается золото в сростках с кварцем, а иногда зерна покрыты пленкой гидроокислов железа и гетита. Каневское золото высокопробное и очень высокопробное (988–992). Среди элементов-примесей обращает на себя внимание повышенное содержание висмута (до 1.14%).

По предварительным расчетам запасы золота в пределах локальных разрезов колеблются от десятков до нескольких сотен килограмм металла на объект.

Литература

Ковальчук М. С. Литология нижнекрейдових континентальних відкладів північного схилу центральної частини Українського щита та умови утворення в них розсипищ важких мінералів: дис. кандидата геол.-мін. наук:04.00.21 / М.С.Ковальчук. К.: 1993. 230 с.

Ковальчук М. С., Крошко Ю. В. Мінералогія розсипного золота з нижнекрейдового алювію центральної частини Українського щита // Записки Українського мінералогічного товариства. К.: 2011. Т.8. С.130–132.

Самородное золото в аллохтонных ильменит-цирконовых россыпях на юге Западно-Сибирской равнины

Колпаков В.В., Нестеренко Г.В., Бобошко Л.П.

ИГМ СО РАН, vladk@igm.nsc.ru

Излагаются результаты изучения типоморфизма самородного золота и, в меньшей мере, уровня содержания благородного металла в 4-х аллохтонных Ti-Zr россыпях южной части Западно-Сибирской равнины. Николаевская расположена в предгорье Кузнецкого Алатау и приурочена к нижнемеловым озерно-аллювиальным отложениям кийской свиты; Туганская и Ордунская россыпи палеогенового возраста относятся к прибрежно-морскому типу и непосредственно примыкают с северо-запада к Колывань-Томской складчатой области и Тарская также палеогеновая прибрежно-морская россыпь расположена в пределах Тарского Прииртышья на значительном, свыше 500 км, удалении от горного обрамления – Казахского мелкосопочника. Изученное самородное золото намыто, главным образом, с использованием «щадящей» многостадийной методики шлихования. Валовое содержание Au определялось атомно-абсорбционным методом в ИГиМ СО РАН. При минералого-геохимическом изучении самородного золота существенное место отведено количественному определению степени уплощенности частиц и микрорентгеноспектральному количественному определению содержания в них Au, Ag, Hg и Cu – основных компонентов макросостава самородного золота.

Основные результаты проеденных исследований сводятся к следующему.

1. Устанавливается низкий уровень содержания самородного золота в рассматриваемых комплексных Ti-Zr россыпях: 5–30 мг/м³ – по данным шлихового опробования и 8–140 мг/т – по данным атомно-абсорбционного анализа. Приведенный низкий уровень средних содержаний Au на продуктивный пласт во-первых укладывается в представление о рассеянии тяжелых рудных и аксессуарных минералов в ходе механической миграции продуктов эрозии из областей денудации в области аккумуляции, рассеянии, на фоне которого на отдельных благоприятных участках происходит их концентрация, и во-вторых не исключают наличия в пласте отдельных обогащенных маломощных линз с граммовыми содержаниями.

2. Самородное золото изученных Ti-Zr россыпей представлено преимущественно тонкими (-0.1 мм) механически обработанными уплощенными частицами. Оно отличается большим разбросом значений пробыности и широким распространением очень высокопробных (990–1000‰) разновидностей, развитых в виде кайм, межзерновых прожилков и монозерен. По генезису это скорее всего кластогенный хемогенно (и механогенно) преобразованный металл. В подчиненном количестве в Николаевской россыпи на кластогенных частицах развиты микрокристаллы предположительно нового гипергенного золота.

3. Нижнемеловая аллювиальная Николаевская россыпь заметно отличается от палеогеновых прибрежно-морских большей грубозернистостью и меньшей сортированностью отложений, большими содержаниями и крупностью золота. Основной источник её питания – площадная кора выветривания Кузнецкого Алатау, что и объясняет большую степень гипергенного преобразования слагающего её самородного золота.

4. Уровень содержания самородного золота в комплексных Ti-Zr россыпях в большей, чем минералов Ti и Zr, степени связан отрицательной зависимостью с расстоянием россыпей от питающих источников и положительной – со степенью гидродинамической переработки (гравитационного обогащения) транзитного терригенного материала. Это обусловлено в основном двумя причинами: 1 – ограниченными площадями золоторудных залежей, включая минерализованные зоны и первичные ореолы и несравненно более обширными полями развития магматических массивов, а также метаморфических и вулканогенных толщ – первоисточников минералов Ti и Zr в россыпи; и 2 – четырехкратным превышением плотности золота таковой ильменита, циркона и рутила – основных минералов Ti-Zr комплексных россыпей.

5. В южном обрамлении Западно-Сибирской равнины весьма перспективными с точки зрения наличия россыпей с мелким и тонким золотом и комплексных золотосодержащих Ti-Zr россыпей выглядят районы, располагающиеся существенно ближе, чем Тарская россыпь к Северному Казахстану и, в первую очередь, прилегающие к нему.

Ледниковая экзарация и сохранность россыпей в работах

Н.А.Шило

Комлев А.А.

КНУ имени Тараса Шевченко, torpha2007@ukr.net

Николай Алексеевич Шило в своей работе больше доверял фактическим данным и не боялся подвергать сомнению доминирующие представления, в особенности, если они имели спорный характер. Такой подход был необходим, когда выполнялись важные государственные задачи, например, расширения минерально-сырьевой базы страны. Так, при планировании во второй половине 20 ст. прогнозно-поисковых работ на россыпные месторождения золота, каситерита и других полезных ископаемых Северо – Востока Сибири, многие ее площади исключались из числа перспективных из-за неправильного понимания влияния на сохранность россыпей плейстоценовых оледенений. Это существенно влияло и на общую стратегию поисков. Н. А. Шило приводил убедительные геологические и геоморфологические данные, подтверждавшие отсутствие ледниковой экзарации («бульдозерного» эффекта) во многих местах, которые покрывались ледниками. Он сделал вывод о вероятности сохранности здесь россыпей и возможности проведения поисковых работ (Шило, 1982).

Житомирское Полесье Украины (северо-западная часть Украинского щита) – района развития крупнейших титановых (в основном ильменитовых) коренных и россыпных месторождений. За многие годы, здесь накоплен значительный фактический материал по их вещественному составу и условиям образования. Нами изучались палеогеографические, палеогеоморфологические и структурно-тектонические условия образования мезозойских и кайнозойских погребенных россыпей территории, преимущественно континентального происхождения. Вместе с данными вещественного состава россыпей и перекрывавших их обложений (гранулометрии, минералогии, химсостава отдельных минералов). Древние россыпи занимают разное положение в современном рельефе и часто перекрыты незначительной мощности ледниковыми и водноледниковыми отложениями. Сопоставлялись данные гранулометрии и химического состава ильменита участков россыпей из коры выветривания и кристаллических пород, мезозойских и кайнозойских пород.

Это позволило сделать следующие выводы: 1) ильменит из дочетвертичных россыпесодержащих пород и перекрывающих ледниковых и водноледниковых отложений сильно отличаются; 2) ильменит из морены по составу схож с ильменитом коренных пород; 3) в морене отсутствует сильно измененный ильменит из россыпей; 4) формирование ледниковых отложений Житомирского Полесья не сопровождалось ледниковой экзарацией в подстилающих их отложениях и, следовательно, оледенение не влияло на сохранность здесь россыпей (Комлев и др., 1985; Комлев, 1988).

Необходимо отметить, что преувеличение роли ледниковой экзарации долгие годы было основанием для неправильной оценки перспектив обнаружения россыпных месторождений в коре выветривания, других осадочных формациях, и в других районах бывшего СССР (Карелия, Кольский п-ов), а также Скандинавии, Канады.

Приведенный нами пример показывает, что Николай Алексеевич Шило был выдающимся геологом, который владел системным подходом при исследованиях процесса рудообразования. Его также отличала высокая эрудиция ученого, которая проявлялась в глубоком понимании проблем смежных направлений (палеогеография четвертичного периода, геоморфология) смелость высказываться по наиболее их дискуссионным вопросам.

Литература

Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1982.

Комлев А.А., Кошик Ю.А., Тимофеев В.М. О роли ледниковой экзарации в преобразовании россыпей (на примере Житомирского Полесья) // Краевые образования материковых оледенений. М.: Наука, 1985. С.244–246.

Комлев А.А. Мезокайнозойский долинный морфолитогенез северо-западной части Украинского щита и его влияние на образование россыпей. Автореф. дис. канд. геогр. наук. Киев.: 1988. 24 с.

Новые данные о формировании титан-циркониевых россыпей Правобережья Среднего Приднепровья Украины

Комлев А.А.¹, Ремезова Е.А.², Василенко С.П.², Свивальнева Т.В.²

¹КНУ имени Тараса Шевченко, *torpha2007@ukr.net*;

²ИГН НАН Украины, *remezova-e@mail.ru*

В последние годы были получены новые данные по тектонике, палеогеоморфологии, палеогеографии Правобережья Среднего Приднепровья (Приднепровский блок Украинского щита), известного месторождениями многих полезных ископаемых. Анализ их на новой научной и методологической основе уточняет наши представления о формировании некоторых из них. В частности, уникальных титан-циркониевых россыпей верховьев р. Самоткань – правого притока Днепра. Комплексный анализ данных позволяет улучшить качество поисковых и разведочных работ на известных участках и выявлять новые перспективные площади. Здесь необходимо решать следующие проблемы: 1) выявления коренных источников россыпей; 2) роль коры выветривания в образовании россыпей; создания современных системных моделей: 3) структурно-тектонической; 4) «рельефа»; 5) лучшего использования прямых и косвенных палеогеографических (палеогеологических, палеоклиматических) данных.

1) не обнаруженные до сих пор близкие крупные коренные источники россыпей Самоткани связывают их с расположенными за 100 км от них образованиями (чаще, Новомиргородского плутона). Высказанные в 50-е годы XX в. представления о вдольбереговом перемещении вмещающих минералы россыпей песчано-глинистых фракций в миоценовых (озерных или морских) бассейнах, противоречат позднее установленным фактам: значительной изрезанности их береговых линий, многим морфолитогенетическими «ловушками», общему перекрестному к ним простиранию орографических элементов. На наш взгляд, объемы ранее проведенных геологических работ были недостаточны для обнаружения здесь местных коренных источников; 2) развитая каолиновая кора выветривания необходима для образования титановых россыпей. Под Самотканскими россыпями, палеогеновыми отложениями местами она более 40 м. Обнаружение местных коренных источников россыпей затруднено также структурно-тектоническими и палеогеоморфологическими условиями Приднепровского блока: 3) он «зажат» между крупными платформенными впадинами: на севере Днепровско-Донецкой (ДДВ) и на юге Причерноморской; на западе он «обрезан» Криворожской тектонической зоной, на востоке – Конско-Ялынской впадиной щита. В фанерозое блок постоянно испытывал тангенциальные сжатия этих структур, что вело к короблению и асимметрии поверхности щита. Приднепровский блок разбит активными в мезокайнозое ортогональной и диагональной системами разломов. Тут проявились разные стили тектоники: времени внедрения коренных источников и образования россыпей; поэтому необходима современная синтетическая модели тектоносферы; 4) модель «рельефа», созданная на морфолитогенетической основе – основа прогнозных, поисковых и разведочных работ (Комлев, 2005). Анализ ее позволил сделать некоторые выводы. Западные открытые россыпей, в соседних бассейновых геоморфосистемах, вероятны и другие титан-циркониевые россыпи. В кайнозое бассейны часто разделяли «плавающие» (исчезающие) палеоводоразделы (инверсионные тектонические блоки), с которыми на уровне древнего денудационного среза выводились (и вводились) коренные источники; разный возраст россыпей Самотканской группы, внутренняя бассейновая морфологическая структура определяла и зональность состава россыпей; палеогеоморфология и минеральный состав (отсутствие каолинита, наличие глауконита) указывает на морские условия с конца раннего миоцена в Среднем Приднепровье, возникшие после соединения бассейнов в ДДВ и Причерноморской впадине, и распространившиеся на Украинский щит; 5) данные об иссушении климата с конца раннего миоцена, общие представления о водном балансе (уменьшение стока и увеличение испарения с поверхности увеличивающихся бассейнов), на наш взгляд, полностью прекращают дискуссию о переполнении тогда озерных бассейнов и их трансгрессию на щит и образование россыпей. Геологические данные показывают, что трансгрессия произошла быстро, первоначально в результате тектонических опусканий в пределах Конско-Ялынской впадины.

На наш взгляд, изложенные нами факты и представления должны быть использованы при разработке новой стратегии освоения провинции титановых и циркониевых россыпей Украины.

Литература

Комлев О.О. Историко-динамічні басейнові геоморфосистеми геоморфологічних формацій Українського щита. Автореф. дис. д-ра географ. наук. К.: 2005. 37 с.

Предпосылки локального прогноза погребенной россыпной алмазности на востоке Тунгусской синеклизы

Коробкова А.И.¹, Проценко Е.В.², Коробков И.Г.²

¹СПбГУ, *korobulya@mail.ru*; ²НИГП АК «АЛРОСА» (ОАО), *protsenkoEV@alrosa.ru*

Необходимость разработки прогнозно-поисковых факторов верхнепалеозойских россыпей алмазов вызвана их вовлечением в круг интересов алмазодобывающей промышленности.

Изучение верхнепалеозойских россыпей и россыпепроявлений на востоке Тунгусской синеклизы позволило разработать комплекс предпосылок поискового прогнозирования погребенной россыпной алмазности. Данный комплекс включает в себя стратиграфические, литологические, литогенетические, литолого-фациальные и палеогеоморфологические предпосылки (Коробков, 2006).

Стратиграфические предпосылки поискового прогнозирования погребенных россыпей заключаются в развитии отложений, которые формировались в периоды, следовавшие за крупными тектоническими перестройками территории, эпохами широкого развития процессов корообразования, размыва и переотложения продуктов химического выветривания коренных источников алмаза. Данные процессы привели к высвобождению алмазов с их последующим поступлением в древние осадочные коллектора и формированию россыпей различных генетических типов. Выражением стратиграфических предпосылок на исследуемой территории восточного борта Тунгусской синеклизы является развитие осадков среднего карбона, которые и содержат основные объёмы россыпей.

Литологические предпосылки находят свое выражение в особенностях состава литотипов, слагающих продуктивные горизонты. Выполненные исследования показали, что наиболее благоприятными для россыпеобразований являются грубообломочные отложения: брекчии, конгломераты (галечники), песчано-гравийно-галечные осадки и смешанные алеврито-песчаные образования с включениями щебня, гравия, гальки и валунов. При этом состав грубообломочного материала включает в себя как обломки терригенно-карбонатных пород плотика, так и устойчивые породы, в том числе кварц, кварциты, кислые эффузивы, кремни и гранитоиды.

Литогенетические предпосылки на изученных россыпных объектах выражаются в установлении для наиболее алмазоносных горизонтов таких генетических типов отложений как пролювий и пролювиально-аллювиальные образования временных водотоков, так и аллювий постоянных водотоков.

Литолого-фациальные предпосылки отображают развитие фациальных условий осадконакопления верхнепалеозойских отложений, наиболее благоприятных для проявления россыпной алмазности. Установлено, что для верхнепалеозойских россыпей наиболее высокие коллекторские свойства присущи фациям гравийно-галечных, песчано-алевритовых и глинистых пролювиальных осадков временных водотоков, а также фациям песчано-гравийно-галечных аллювиальных осадков постоянных водотоков (Коробков, 2008).

Роль палеогеоморфологических предпосылок при оценке погребенной россыпной алмазности заключается в том, что все наиболее продуктивные литотипы приурочены к пониженным участкам палеорельефа — мелким эрозионным желобам, бороздам и долинам палеоводотоков, практически не выходя за их пределы. Линейность этих морфоструктур плотика предопределяет и морфологию алмазоносных залежей, которые в большинстве случаев имеют вытянутую, линейно-изогнутую полосовидную форму (Коробков и др., 2011).

Учёт при прогнозных построениях данного комплекса предпосылок позволяет локализовать площади, перспективные на выявление древних россыпей.

Литература

Коробков И.Г. Геология и фации верхнепалеозойских россыпей алмазов Западной Якутии // Под ред. В.В. Гавриленко. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. 164 с.

Коробков И.Г. Литология и фации алмазоносных отложений верхнего палеозоя на востоке Тунгусской синеклизы // Отечественная геология. 2008. №1. С.40–46.

Коробков И.Г., Коробкова А.И. Прогнозно-поисковые факторы локализации погребённых россыпей алмазов на востоке Тунгусской синеклизы // Наука и образование. 2011. №4 (64). С.11–17.

Литолого-фациальные характеристики и палеогеографические условия образования титано-циркониевых россыпей миоцена ДДВ и северо-восточного склона Украинского щита

Кравченко Е.А., Василенко С.П.

ИГН НАН Украины, roryshka@ukr.net

Актуальность данной работы связана с необходимостью создания адекватной литостратиграфической и палеогеографической основы для прогнозирования титано-циркониевых россыпей в пределах Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) и Украинского щита (УЩ).

Как следует из материалов модернизированных стратиграфических схем и ряда литературных первоисточников (В.Ю.Зосимович, 2006 и др.), подавляющая часть миоценовых россыпей ДДВ и северного склона УЩ относятся к новопетровской свите, точнее к ее средней подсвите. Построенная на основе упомянутых стратиграфических схем палеогеографическая реконструкция базируется на представлении об исключительно континентальном происхождении всей новопетровской свиты и, соответственно, средненопетровской подсвиты. Таким образом, седиментационный бассейн, охватывающий ДДВ и склонов окружающих щитов, входил в состав пресноводного водоема типа море-озеро, идентифицированного в 1989 г. В.Ю.Зосимовичем В.Г.Куличенко и Е.Б.Савронь понятием «Субпаратетис». На основе обобщения имеющихся данных в пределах этого седиментационного бассейна можно выделить два основных фациальных комплекса: прибрежного мелководья и «морского» мелководья с рядом подчиненных микрофаций.

К новопетровской свите относятся пески белые, светло-серые, желтовато-серые, кварцевые. В ней выделяются три подсвиты, каждой из которых присущи определенные литостратиграфические характеристики.

Нижняя новопетровская подвита в пределах Днепровско-Донецкой впадины представляется темноокрашенной толщей углистых песков, глин и бурого угля, в то время как для северо-восточного склона характерно преобладание разнозернистых песков и ожелезненных песчаников. Средняя новопетровская подсвита (сосредотачивающая преимущественную часть россыпей) характеризуется песками белыми, светло-серыми, желто-серыми, серыми, иногда пестро окрашенными, преимущественно мелкозернистыми, в пределах УЩ каолинизированными. Верхняя подсвита представлена светлоокрашенными каолинизированными песками.

В пределах ДДВ локализуется Краснокутское месторождение с широким спектром рудных минералов: ильменит, рутил, лейкксен, циркон, дистен, силлиманит, ставролит, реже монацит, турмалин, колумбит, касситерит и т.д. Это минеральное разнообразие обусловлено обширной площадью областей сноса, где эродировались разнообразные метаморфические и магматические породы. Продуктивная толща – хорошо отсортированные тонко- и мелкозернистые пески толщиной до 35 м. Содержание тяжелых минералов становится в среднем 30–50 кг/м³.

Характерным месторождением северо-восточного склона УЩ является Малышевское. В тяжелой фракции рудоносного горизонта содержатся ильменит, рутил, циркон, дистен, силиманит, ставролит, турмалин, хромит, монацит, реже ксенотим, анатаз, малакон и др. Промышленные концентрации рудных минералов связаны с толщей мелко- и тонкозернистых песков новопетровской свиты мощностью до 35 м.

Геохимические типы циркона и ильменита россыпепроявлений Умы́тьинской площади (ХМАО – Югра)

Кудрин К.Ю.¹, Лобова Е.В.², Хиллер В.В.²

¹ФГБОУ ВПО «ЮГУ», kudringeo@inbox.ru; ²ИГГ УрО РАН, lobova@igg.uran.ru

Умы́тьинская площадь расположена на территории Советского района Ханты-Мансийского автономного округа в 35 км к юго-востоку от г. Советский. По результатам тематических и геологоразведочных работ, проведенных в 2006–2012 гг. в западной части ХМАО, подтверждена промышленная концентрация циркона и ильменита в отложениях олигоцена (Патык-Кара Н.Г. и др., 2009; Кудрин В.И., 2011). Для этой территории выполнены литолого-фациальные исследования и определены палеогеографические условия образования россыпной минерализации (Лаломов А.В. и др., 2010; Чефранов Р.М., 2011).

В 2012–13 гг. с целью геохимической типизации основных россыпеобразующих минералов для установления их коренных источников выполнены электронно-зондовые исследования минералов тяжелой фракции: ильменита (200 зерен), циркона (200 зерен), граната и др.

Циркон. По соотношению Zr и Hf выделены 3 типа цирконов, которые неравномерно распределены по площади исследования. Второй тип присущ только для проб из южной части площади (участок Правобережный), в остальных пробах – встречается в виде единичных зерен. Первый тип – основа проб Приозерного и Придорожного участков. Циркон третьего типа sporadически встречается во всех пробах.

Геохимический параметр Hf–U/Yb (Crimes C.V. et al, 2007) свидетельствует, что все выделенные типы соответствуют цирконам, характерным для породных ассоциаций, образованным в условиях земной коры континентального типа.

Сопоставление с составами цирконов магматических и метаморфических пород Среднего Урала (Ферштатер Г.Б. и др., 2012) показало, что цирконы второго типа близки составам цирконов гранитоидов Рефтинского и Адуйского массивов, а составы цирконов первого типа близки составам цирконов ультраосновных пород Восточно-Хабарнинского массива.

Ильменит. Подобно циркону характеризуется присутствием 3-х геохимических типов. 1 тип (самый представительный) обладает низкими содержаниями MgO, MnO варьирует в широких пределах (MnO 0.32–9.62%, MgO 0.01–0.32%). 2 тип представлен пикроильменитом с низкими содержаниями MnO и повышенными содержаниями MgO, варьирующими в широких пределах (MnO 0.41–1.69%, MgO 0.70–2.89%). 3 тип (самый редкий) характеризуется высоким содержанием MnO (MnO 20.52–20.96%, MgO 0.01–0.02%). При этом все выделяемые типы ильменита относительно равномерно распределены по площади исследования, не образуя заметных концентраций того или иного типа.

Сопоставление с составом акцессорного ильменита магматических пород Приполярного Урала (наши данные) показывает, что источником ильменита первой и третьей групп могли послужить силурийские магматические породы разного происхождения, слагающие палеоостроводужные образования восточного склона Приполярного Урала.

Таким образом, основным источником циркона и ильменита в россыпях Умы́тьинской площади могут быть породы повышенной основности, сформировавшиеся на ранних этапах развития Тагильской островной дуги (формационные аналоги гипербазитов и габброидов Восточно-Хабарнинского массива Магнитогорской островной дуги). Вторым по значимости источником циркона являются гранитоиды повышенной основности, сформировавшиеся на заключительных этапах развития Тагильской островной дуги (формационные аналоги Рефтинского и Адуйского массивов Магнитогорской островной дуги). Источником циркона третьего геохимического типа предположительно могли стать породы диоритового состава Тагильской островной дуги.

Неравномерность распределения геохимических типов циркона по площади, по всей видимости, является следствием существования не менее двух направлений сноса – с северо-запада (преимущественное), что отражено в публикациях сотрудников ИГЕМ РАН (Лаломов А.В. и др., 2010; Чефранов Р.М., 2011), и с запада (или юго-запада).

Работа выполнена в рамках деятельности Научно-образовательного центра «Поиск» при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.» (Соглашение № 14.В37.21.0684 от 17 августа 2012 г.).

Преобразование самородного золота в зоне гипергенеза

Кузнецова И.В.

ИГиП ДВО РАН, kuzia67@mail.ru

В результате эрозии вмещающих пород в россыпях Приамурья наряду с благородным металлом в значительных количествах накапливаются акцессорные минералы гранитоидов (ильменит, магнетит, мартит, гематит и др.), в меньшей степени встречаются касситерит, монацит, циркон, сфен и различные сульфиды, наличие которых отмечается в микроклинизированных гранитах. Кроме свободного золота присутствует золото, связанное (не высвобожденное) в различных минералах, в том числе и в гидроокислах железа.

При формировании техногенных россыпных месторождений наблюдаются геологические процессы, связанные с гипергенным изменением состава пород, выведенных на дневную поверхность, их водным преобразованием, новыми параметрами давления и температур. При этом изменяются окислительно-восстановительные и другие физико-химические условия среды. То есть техногенез (Шило, 2000) рассматривается как сжатый во времени и локализованный в пространстве гипергенез, проявляющийся в результате преобразования перемещенных пород в новые условия среды, выражающийся в изменении их строения и состава, а также преобразовании полезных компонентов. Установлено, что под локальным воздействием восстановительных условий, образующихся при деструкции органического вещества, заболоченности и отсутствии кислорода, происходит разложение некоторых минералов железа (гематита, мартиита, пирита, магнетита) и свинца (галенита) с частичным восстановлением до металла. При этом происходит высвобождение, вынос и переотложение закапсулированного в них золота (Кузнецова, 2011). Наличие отложений наноразмерного Au на поверхности и по дефектам структур золотосодержащих минералов говорит о гипергенном генезисе благородного металла.

Процессы физико-химического преобразования вещественного состава россыпей (освобождение минералов из глинистых агрегатов, сростков и др.) и золота (высвобождение, вынос и переотложение), проявляющиеся в зоне гипергенеза и при разработке золотосодержащих месторождений, приводят к перераспределению концентраций тонкодисперсного золота и его укрупнению.

Золото из коры выветривания в большинстве своем относится к мелкому классу, но значительно превосходит по размеру золото из коренных месторождений. В то же время оно гораздо более мелкое по сравнению с золотом из аллювиальных россыпей. В месторождениях коренного золота, при прочих равных условиях, доля наноразмерного золота максимальна в первичных рудах, затем она снижается в зоне окисления, а в россыпях сопоставима или преобладает доля крупного золота (Альбов, 1960; Моисеенко, 1997).

В россыпях под воздействием биохимических процессов происходит высвобождение Au, закапсулированного в других минералах и его переотложение. Часть самородного золота в россыпи сформировалось из мелких (вплоть до наноразмерного уровня) золотин. В зоне гипергенеза золотоносных месторождений происходят как преобразование видимого самородного золота, так и формирование его новообразованных разновидностей. Последние возникают за счет высвобождения тонкодисперсного золота из сульфидов коренных месторождений при их разложении и последующей его агрегации и укрупнения.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 12-05-00738-а; ДВО РАН 12-III-A-08-182.

Литература

Альбов М.Н. Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1960.

Кузнецова И.В. Геология, тонкодисперсное и наноразмерное золото в минералах россыпей Нижнеселенгинского золотоносного узла (Приамурье): автореферат дисс. канд. геол.-мин. наук. – Красноярск: СФУ, 2011.

Моисеенко В.Г. Особенности формирования полигенных россыпей золота и методы их оценки – Благовещенск: АмурКНИИ ДВО РАН, 1997.

Шило Н.А. Учение о россыпях. Владивосток: Дальнаука, 2002.

Цифровое структурно-литологическое и геолого-динамическое моделирование в изучении россыпей тяжелых минералов

Лаверов Н.П.¹, Гожик П.Ф.², Хрущев Д.П.², Чижова И.А.¹, Лаломов А.В.¹, Ремезова Е.А.²

¹ИГЕМ РАН, *tchijova@igem.ru*; ²ИГН НАНУ, *khrushchov@hotmail.com*

Актуальность представляемой работы определяется необходимостью предложения современных средств информационного обеспечения исследований и работ, направленных на расширение сырьевой базы титано-циркониевых, оловянных и других руд, (а также золота) в связи с растущими потребностями базовых отраслей промышленности.

Цель доклада – демонстрация результатов и возможностей цифрового структурно-литологического и геолого-динамического (т.е. прогнозного статически-ретроспективного) моделирования, как инновационной технологии обеспечения геологических исследований и работ, направленных на освоение промышленных россыпей тяжелых минералов.

Предлагаемая разработка является результатом выполнения первой стадии проекта российского и украинского фондов фундаментальных исследований (2012–2013 годов, проект РФФИ № 12-05-90413-Укр_а).

Методологической основой намеченного направления является объединение принципов структурно-литологического (разработки украинской рабочей группы) и геолого-динамического (разработки российской рабочей группы) моделирования. Результатом такого объединения является обеспечение разномасштабности моделирования, при котором геолого-динамическое моделирование обеспечивает отображение характеристик объектов и процессов россыпеобразования мелкой, средней и частично крупной масштабности, а структурно-литологическое моделирование – в основном – объектов средней и крупной масштабности. При этом главным эффектом является повышение прогнозной функции и разрешающей способности получаемых объединенных моделей.

Украинской группой демонстрируются примеры крупномасштабных прогнозных цифровых структурно-литологических моделей: титано-циркониевых россыпных месторождений Украины (три объекта), золотосодержащих россыпей (три объекта). Основные результаты интерпретации производных моделирования: установление пространственного размещения рудных тел, взаимосвязей оруденения со структурными особенностями объекта, литологическими и генетическими характеристиками; установление пространственного размещения технологических свойств продуктивной толщи; автоматический подсчет запасов по установленным бортовым содержаниям (осуществлено для минералов титано-циркониевых месторождений); отработка методики прогнозирования и оценки месторождений данного геолого-промышленного типа.

Демонстрируются примеры мелко и среднемасштабных моделей, предназначенных для обеспечения поисковых и поисково-оценочных работ региональной и зональной масштабности. Модели строятся на основе общих принципов палеотектонического, палеогеографического, палеогидрологического, палеоседиментологического анализов с введением элементов структурно-литологического и геолого-динамического моделирования. К числу таких примеров относятся палеогеоморфологическая модель северо-восточного склона Украинского щита, палеогеографическая схема полтавского этапа россыпеобразования территории палео-Ирши, палеогеографическая карта средненовопетровского бассейна седиментации, время образования миоценовых месторождений Днепровско-Донецкой впадины и северо-восточного склона Украинского щита (украинская рабочая группа); моделирование палеогидродинамических условий образования россыпей кембрийско-ордовикских россыпей северо-запада Русской плиты, геолого-генетическое моделирование миоценовых россыпей Южно-Русской провинции, принципиальная модель россыпеобразования перспективного фрагмента Бодайбинского района по разрезу осадочного чехла от среднего плейстоцена до голоцена с представлением латеральной схемы россыпеобразования и др. (российская рабочая группа).

Полученные результаты представляют основу для последующего проекта, направленного на постановку проблемы прогнозного моделирования объектов зональной и локальной масштабности с дополнительным аспектом комплексной эксплуатации месторождений тяжелых минералов с точки зрения сопряженности с ними редкометалльной минерализации, стройматериалов, благородных металлов и др.

Россыпные месторождения: логико-информационное моделирование и оценка перспективности

Лаверов Н.П.¹, Чижова И.А.¹, Матвеева Е.В.², Александрикова М.А.¹

¹ИГЕМ РАН, laverov@igem.ru, tchijova@igem.ru, astera_2000@mail.ru;

²ФГУП «ВИМС»

В работе дано описание методологии создания прогнозно-поисковой модели рудного россыпного месторождения на основе логико-информационного анализа его многопризнаковой многофакторной модели (МММ). Логико-информационная модель представлена набором признаков, информативных для решения прогнозной задачи. Все информативные признаки получают количественную оценку степени их важности для решения поставленной задачи.

Особенности исходной МММ для поиска и оценки россыпных месторождений, прежде всего, обусловлены спецификой исследуемого объекта – россыпное месторождение золота является результатом длительной эволюции рудного месторождения (рудопроявления), попавшего в сферу деятельности экзогенных процессов. Поэтому первоначально было принято необходимым деление всех признаков и критериев по принадлежности к двум системам:

эндосистема (рудовмещающая), представляет собой совокупность критериев и признаков, направленных на выявление потенциальных рудных объектов – провинций, зон, районов (узлов), полей;

экзосистема (россыпелокализирующая) ставится в соответствие первой на том уровне, где влияние экзогенных процессов начинает играть заметную роль (уровень поля) (рис.1).

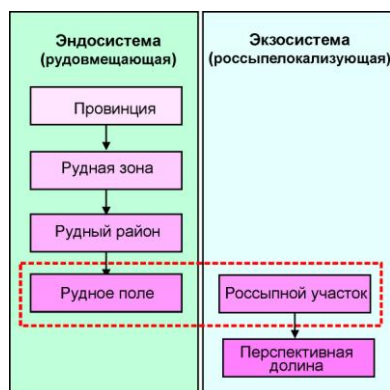


Рис.1. Металлогенические таксоны для россыпных объектов

Дальнейшее деление критериев и признаков было проведено согласно основным характеристикам исследуемого объекта. основополагающим моментом в решении вопроса о перспективности территории является степень проявления мезозойской тектоно-магматической активизации (ТМА), наличие ее прямых и косвенных признаков. Поэтому был введен метапризнак “основание”, который включил в себя разнообразную характеристику субстрата: возраст вмещающих пород, дизъюнктивные нарушения, инъективы, вещественный состав. Далее описание объекта производилось с учетом того, что необходимо было показать специфику проявления ТМА на изучаемой территории. Поэтому были введены следующие характеристики: структуры активизации, дизъюнктивы, инъективы (состав и форма тел), руда, вещественный состав, размер. Особый смысл вкладывается в метапризнак “морфоструктура”, так как в предлагаемой модели он занимает промежуточное положение на стыке двух систем согласно принятому определению морфоструктуры.

Далее введены специфические метапризнаки, описывающие собственно особенности экзосистемы, связанные с формированием россыпелокализирующей системы: геоморфологическая характеристика рельефа, уточнение отдельных его параметров, строение долин, возраст и вещество. Оценка перспективности участка проводилась путем последовательного решения следующих задач: оценка перспективности участка, а в случае выявления перспективного участка – оценка продуктивности перспективного участка.

Математическая обработка данных по россыпям золота юго-восточной части Алданского щита позволила нам создать логико-информационные модели (набор признаков, информативных для указанных выше задач, с количественной оценкой степени их важности для решения проблемы). Например, решая первую задачу, получена модель “перспективная площадь” как набор 14 признаков из метапризнаков: основание, руда, морфоструктура, вещество, структура долин – с весами в диапазоне от 0.046 до 0.058. Решающее правило, построенное на основе полученных оценок, позволило с высокой степенью надежности правильно оценить все россыпные месторождения золота из базы данных. Цифровые структурно-литологические модели россыпных объектов обеспечивают представление значимых информативных признаков в наглядной форме, что значительно облегчает формирование экспертных заключений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-90413-Укр_а.

Типоморфные характеристики золота в системе «коренной источник – россыпь» Бодайбинского рудного района

Лаломов А.В., Чефранов Р.М., Борисовский С.Е.

ИГЕМ РАН, lalomov@mail.ru

В пределах Бодайбинского золоторудного района отмечается проблемное соотношение характера рудной минерализации и типоморфизма коренного золота по отношению к широко распространенным в районе россыпным месторождениям. Изучение частиц золота с помощью электронного микроскопа и микрозонда позволило детально исследовать их форму, структуру и состав. Было изучено коренное золото (протопочки) кварцево-жильного типа из месторождения Первенец и россыпное золото р. Ныгри ниже устья руч. Верный Кропоткинского рудно-россыпного узла.

Форма коренных золотин чрезвычайно неровная, дендритовидная, реже встречаются массивные таблитчатые зерна. Поверхность бугорчатая, гладкая, часто наблюдаются сростания с пиритом и кварцем. При исследовании россыпного золота россыпи р. Ныгри установлены два морфологических типа:

- комковатые зерна овально-округлой формы, хорошо окатанные, иногда уплощенные. Поверхность их неровная, шагреневая, местами ямчатая. Преобладающие размеры: 0.15–0.35 мм.

- зерна разнообразных причудливых форм, часто дендритовидные, частично комковатые, часто пластинчатые. Поверхность гладкая, блестящая, иногда ямчатая, иногда с железистой рубашкой. Преобладающие размеры: 0.05–0.15 мм.

Внутренняя структура золота равномерная, зональности и кайм не обнаружено. Исследование состава золотин на микрозонде показало, что пробность коренного золота характеризуется однородным распределением в границах значений 900–930. Среди россыпного золота по пробности выделяется 2 типа золотин (рис.1): первая группа А (пробность 900–930) соответствует расположенным в непосредственной близости коренным источникам золота кварцево-жильного типа; вторая группа золотин Б имеет повышенную пробность в пределах 930–990.

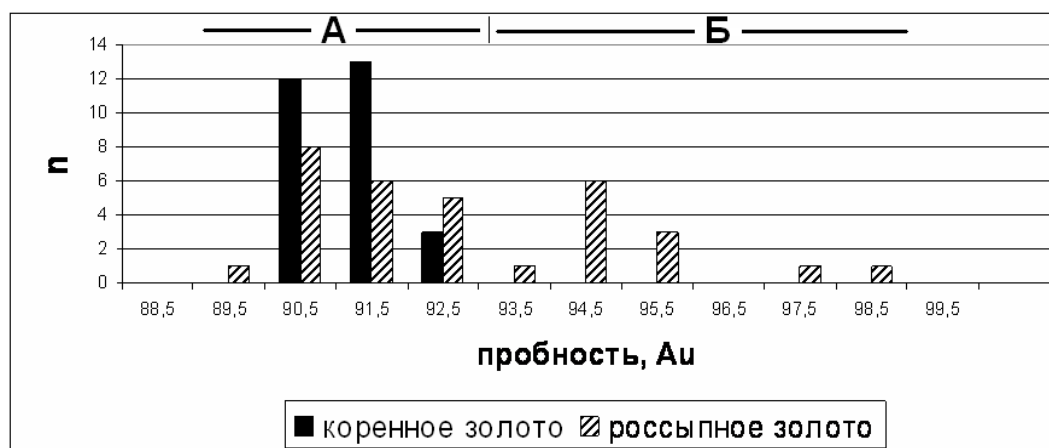


Рис.1. Распределение золотин по пробности. 1 – коренное золото, месторождение Первенец, 2 – россыпное золото, р.Ныгри. n – количество зерен в классе. А.Б – выборки россыпного золота разной пробности.

Равномерность распределения пробности внутри золотин, отсутствие облагороженных кайм и двухмодальное распределение может быть проинтерпретировано следующим образом: для выборки А характерно незначительное смещение россыпного золота от источника и непродолжительное нахождение в зоне гипергенеза и транспортировки; для выборки Б наиболее вероятно длительная история транспортировки и переотложения в процессе россыпеобразования, при котором произошло удаление примесей не только с периферии, но и из центральных частей золотин.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 13-05-00449-а.

Модель образования концентраций россыпеобразующих минералов в отложениях потоков наносов

Лаломов А.В.¹, Таболич С.Э.²

¹ИГЕМ РАН, lalomov@mail.ru; ²ООО “ПФК ЮНИВЕРС”, serg.tabolich@gmail.com

Работами многих исследователей решены основные проблемы контроля металлоносности комплексных прибрежно-морских россыпей (ПМР) на историко-геологическом и региональном структурно-тектоническом уровне. В настоящее время, актуальной задачей является разработка методик количественной оценки связи россыпной металлоносности с литодинамическими параметрами прибрежной части акватории в более детальном масштабе – ранга месторождений и россыпных тел. Этот этап исследований требует развития методик геологического, физического, геохимического и математического описания процессов, ведущих к формированию изучаемых геологических объектов. Предлагаемая модель описывает кинетику образования концентраций россыпеобразующих минералов в аккумулятивных отложениях потока наносов ранга от россыпных тел до отдельных рудных прослоев, зависимость распределения концентраций рудных фракций от параметров, отражающих состав наносов, режим их поступления и гидродинамические условия исследуемого участка. Используются ранее полученные формулы зависимости неразмывающих, взвешивающих и незаиливающих придонных скоростей потока от крупности и плотности частиц наносов (Лаломов, Таболич, 2011). Адекватность модели проверена на уровне приближенных лабораторных экспериментов, данных наблюдений геологических разрезов (шурфы) на основе приведенного в литературе и полученного авторами фактического материала по ПМР титаноциркониевой специализации. Дана геологическая интерпретация величин, входящих в уравнения, представлены полученные решения.

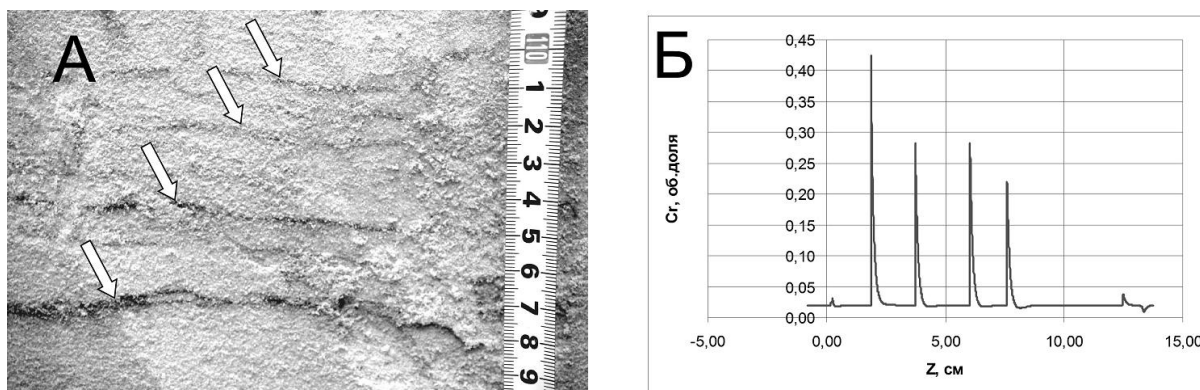


Рис.1. Пример расчета. Фотоснимок части разреза титаноциркониевой россыпи и результаты численного эксперимента. А - фотоснимок шурфа, стрелками показаны обогащенные тяжелой фракцией слои. Б - модельная колонка отложений (объемная доля тяжелых минералов) – моделирование одного шторма с малыми (6%) колебаниями придонной скорости потока.

Модель предлагается в качестве инструмента изучения и локального прогноза обогащенных участков прибрежно-морских и аллювиальных россыпей. В связи с тем, что процессы, описываемые моделью, включают в себя действия устройств для гравитационного обогащения полезных ископаемых (шлюзы, сепараторы, концентраторы и т.п.), модель может применяться при совершенствовании и разработке технологий и оборудования для гравитационного обогащения руд.

Литература

Лаломов А.В., Таболич С.Э. Механизмы формирования концентраций титан-циркониевых минералов прибрежно-морских россыпей сублиторальной зоны // Учен. Зап. Казан. Ун-та. Сер. Естеств. Науки. 2011. Т.153. Кн.4. С.232–242.

Благороднометалльная минерализация в титано-циркониевой россыпи месторождения Центральное

Левченко Е.Н.¹, Григорьева А.В.²

¹ФГУП «ИМГРЭ», levchenko@imgre.ru, ²ИГЕМ РАН

По полученным данным содержание золота в рудных песках колеблется от первых миллиграммов до первых граммов на м³ (Левченко и др., 2005). Золото присутствует в песчаной и глинистой фракциях песков. Размер его частиц колеблется от 3–5 мкм до 0.5 мм (редко до 0.7 мм). Изучение морфологии золота в титано-циркониевых песках проводилось на технологических пробах месторождения Центральное массой до 100 кг. Определялось содержание золота в пробах рудных песков, распределение его по классам крупности в минеральных группах, а также формы его нахождения. Свободное золото составляет до 30% от общего его содержания (Иконников и др., 1998). По массе преобладает золото класса -0.14+0.074 мм. Установлено, что частицы золота мельче 0.044 мм в материале отсутствуют. Выделенное из гравитационных концентратов разных гранулометрических классов самородное золото существенно различается по морфологии. В классах -0.14+0.1 мм и более мелких золото представлено полностью раскрытыми изометричными частицами комковидной формы, умеренно и сильно окатанными, с корродированной мелкоямчатой поверхностью (рис.1а). В классе -0.5+0.14 мм микроморфология золотин принципиально иная. Здесь распространены пластинчатые формы, а степень окатанности незначительная или признаки ее вовсе отсутствуют, наблюдаются лишь загибы тонких краев зерен (рис.1б). На части золотин развиты многочисленные наросты ультрамелких частиц почти сферической формы, типичных для нового золота в аллювиальных россыпях.

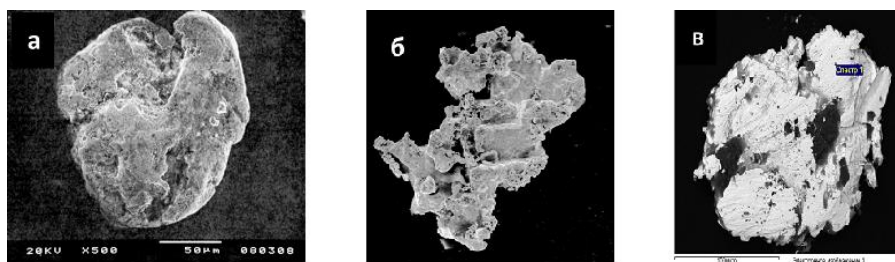


Рис.1. Формы частиц самородного золота: а - хорошо окатанные частицы первой разновидности в классе -0.14+0.1 мм сферической формы, б - частицы второй разновидности в классе -0.5+0.14 мм интерстициальной формы с ультрамелкими полусферическими выделениями у краев пластинок, в - частицы золота с примесью серебра

Установлена повышенная платиноносность фосфоритов месторождения Центральное (рис.2). По данным специализированного анализа суммарное содержание Pt и Pd составило 5.54–6.34 г/т, т. е. приближается к содержанию МПГ в традиционных комплексных рудах.

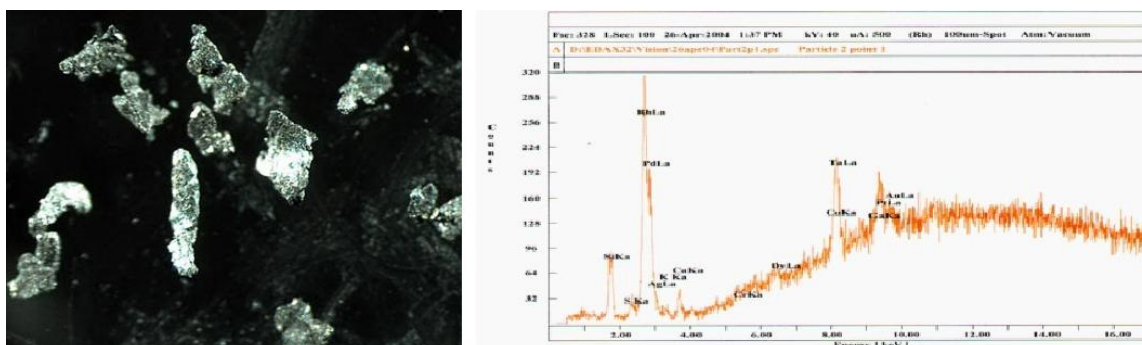


Рис.2. Зерна минералов МПГ в технологической пробе и рентгенограмма анализа частицы

Что касается распространенности минералов платиновой группы и возможности их промышленного извлечения, эта тема требует проведения специальных исследований. Как показывает зарубежная и отечественная практика, несмотря на казалось бы невысокие содержания благородного металла, попутное его извлечение из месторождений титаноциркониевых россыпей становится рентабельным.

Ресурсы золота в техногенном комплексе отработанных россыпных месторождений Берелехского золотоносного района (Северо-Восток России)

Литвиненко И.С., Голубенко И.С.

СВКНИИ ДВО РАН, *litvinenko@neisri.ru, golubenko@neisri.ru*

Оценка ресурсов золота в техногенном комплексе отработанных россыпных месторождений Берелехского района проведена на основе систематизации и анализа средствами ГИС технологий всех данных по отработанным россыпным месторождениям, собранных в базу геопрограммных данных.

В Берелехском районе с 1932 года из 353 россыпных месторождений добыто около 1100 т золота. По наиболее распространенной методике (Россыпи..., 1999), исходя из принимаемого среднего размера потерь в 20%, количество ушедшего в техногенные россыпи золота при отработке россыпных месторождений Берелехского района оценивается в 220 т. С учетом полученных данных о распределении отработанных запасов по средней крупности золота в россыпях и соответствующего уровня потерь (при отработке россыпей со средней крупностью золота до 1 мм потери могли составлять до 30%, 1–2 мм – до 20%, 2–3 мм – до 15%, 3–4 мм – до 10% и более 4 мм – до 5%), уточненная оценка геологических запасов золота в техногенном комплексе составит 148.5 т.

На современном уровне развития золотодобывающих технологий и экономической ситуации в стране и мире на Северо-Востоке России интерес представляют россыпные объекты, среднее содержание золота в которых на массу превышает 0.13 г/м^3 . Ресурсы золота в техногенном комплексе отработанных россыпей Берелехского района с таким уровнем содержания полезного компонента можно отнести к активным. Оценка их количества выполнена по двум вариантам: исходя из суммарных показателей и отталкиваясь от отдельных россыпей.

Оценка активных запасов в техногенном комплексе исходя из суммарных показателей носила многоуровневый характер:

распределение добытого золота по периодам отработки (1932–1965, 1966–1985, 1986–1995 и 1996–2005 годы);

распределение добытого золота каждого периода отработки по классам содержаний металла в отработанных россыпях;

распределения добытого золота каждого класса содержаний по классам средней крупности;

оценка среднего содержания золота в отвальном комплексе (на весь отвальный комплекс и на гале-эфельные образования) для каждого класса средней крупности и для каждого класса средних содержаний металла в отработанных россыпях;

отбор активных запасов на массу (весь отвальный комплекс) и гале-эфельные образования;

оценка активных запасов в гале-эфельных образованиях с учетом коэффициента их сохранности для различных периодов отработки (для первого периода – 0.15; второго – 0.6; третьего – 0.8 и четвертого – 0.9).

Активные запасы золота в отвальном комплексе Берелехского золотоносного района рассчитанные по данной методике оцениваются в 72.6 т (28.6 т для сплошной отработки и 43.9 в сохранившихся эфельных отвалах). Расчет активных запасов золота в техногенном комплексе отталкиваясь от отдельных россыпей показал, что только у 28 из них техногенный комплекс пригоден для сплошной отработки. Общие ресурсы золота в нем в сумме с гале-эфельными образованиями от 9промывки песков подземной добычи составляют 17.1 т. В сохранившихся эфельных отвалах сосредоточено 44.1 т золота.

Таким образом, активные (экономически выгодных для разработки на данном уровне развития золотодобывающих технологий) запасы золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Берелехского района могут оцениваться в 60–70 т.

Работа выполнена за счет средств проекта 12-III-A-08-190.

Литература

Россыпи золота Северо-Востока России (модели для прогноза, поисков и разведки) / Науч. ред. М.М. Константинов, М.З. Зиннатуллин, Ю.В. Прусс. М.: Комитет природных ресурсов по Магаданской области, Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 1999.

Типоморфизм поверхности россыпного золота

Майорова Т.П.

ИГ Кому НЦ УрО РАН, mayorova @geo.komisc.ru

Благодаря работам Н.В.Петровской, Л.А.Николаевой и многих других исследователей изучение типоморфизма россыпного золота прочно вошло в теорию и практику как учения о россыпях, так и поисковых работ на россыпи. Широкое внедрение в геологические исследования электронных сканирующих микроскопов позволяет существенно повысить информативность поверхности россыпного золота, выделить новую группу типоморфных особенностей, имеющих прогнозное значение или уточняющих историю процессов эндогенного минералообразования и россыпеобразования.

Наши исследования минералогии золота из россыпей севера Урала и Тимана показывают, что кроме известных деталей рельефа поверхности золотин (индукционные и ростовые ступени, ямки травления и т.п.), типоморфное значение имеют и другие особенности, выявляющиеся при электронно-микроскопическом изучении его поверхности – состав тонкодисперсных минералов гипергенного преобразования коренных пород и руд, микровключения различного состава, «бактериоформные» структуры и т.д.

К наиболее важным типоморфным особенностям поверхности кластогенного золота можно отнести следующие.

1. На проявлении Нияхойское 2 (хр. Манитанырд, Полярный Урал) золото-кварц-сульфидного (арсенопиритового) типа в элювиальных щебнисто-глинистых образованиях зоны дезинтеграции установлены нитевидные кристаллы золота, их параллельно-волокнистые агрегаты и сферокристаллы. В межзерновом пространстве нитевидных кристаллов впервые обнаружены выделения вторичных кислородных минералов переменного Fe-As-Bi-Sb-Pb состава, которые, вероятно, представляют собой смесь скородита (симплезита?) и арсенатов Bi (рузвелит?, ателестит?). Минералы Bi и Sb (ауростибит, самородный висмут, сульфосоли группы теннантит-тетраэдрит) в незначительных количествах установлены в рудах месторождения Верхнеияйского 2 аналогичного минерального типа, но на проявлении Нияхойское 2 пока не обнаружены. Тем не менее, в коре выветривания этого проявления Bi и Sb образуют собственные минеральные фазы в ассоциации с самородным золотом, что указывает на присутствие минералов этих элементов в первичных рудах и свидетельствует о проявлении единого процесса рудообразования в пределах Нияюско-Нияхойского узла.

Микровыделения аналогичного переменного Fe-As-Bi-Sb-Pb(\pm Zn) состава, наряду со скородитом установлены на поверхности детритового золота из делювиальных отложений юго-восточного склона хр. Малды-Нырды в пределах площади золото-платиноидного месторождения Чудное, что позволяет прогнозировать наличие в этом районе ранее не известной золото-арсенопиритовой минерализации (аналогичной таковой на хр. Манитанырд?), возможно совмещенной с золото-палладиевой. Таким образом, обнаружение на поверхности кластогенных золотин вторичных минералов Bi, As, Sb, Pb позволяет уточнить геохимическую специализацию ряда золоторудных месторождений и выступает поисковым признаком на минерализацию золото-арсенопиритового типа.

2. На севере Урала и Тимане в тонкодисперсной массе, заполняющей углубления на поверхности россыпных золотин, установлены многочисленные микро- и наноразмерные выделения золота, локализующиеся в чешуйках слюд (гидрослюд) и скоплениях гидроксидов железа. Их состав высокопробный с незначительной примесью Ag (иногда Hg) или чистый, беспримесный и коррелируется с составом поверхностного слоя золотин. Данный факт является типоморфным признаком переотложения золота в зоне гипергенеза.

Об этом же свидетельствуют «бактериоморфные» и «бактериоподобные» структуры вторичного золота, обнаруженные как на поверхности новообразованного золота (нитевидные кристаллы и их агрегаты), так и на кластогенных золотилах современных и древних россыпей. Состав «бактериоморфного» золота значительно более высокопробный (96–98 мас.% Au), чем основного зерна (58–76 мас.% Au). Таким образом, выявлены типоморфные признаки частичного растворения и переотложения золота в зоне гипергенеза в условиях полярного климата и весьма вероятное участие бактерий в этом процессе.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-С-5-1020.

Хромшпинелиды и гранаты проявления Ичетью

Макеев А.Б.

ИГЕМ РАН, abmakeev@igem.ru

Конглобрективный горизонт со сложной пятнисто-струйчато-линзовидной морфологией тел и не выдержанной мощностью от 0.2 до 1.5 м, получивший название проявление Ичетью, сложен светло-серыми кварцевыми песчаниками, гравелитами, конгломератами, конглобрекциями. Он залегает между двумя мощными кремнистыми толщами, являющимися в тоже время и крупными месторождениями, в основании Пижемских стекольных песчаников (D_{2prz}) и выше ильменит-лейкоксен-кварцевой титаносодержащей толщи Пижемского месторождения. Полиминеральный горизонт содержит: золото, алмазы, редкометалльные (циркон, колумбит, ильменорутит, ксенотим), редкоземельные (монацит, куларит, флоренсит), титановые (рутил, брукит, псевдорутит, ильменит, лейкоксен) и другие полезные минералы. Выход тяжелой фракции продуктивного пласта составляет 0.1–2.0 кг/м³. Неопределенными остаются возраст проявления и источник рудных минералов.

Гранаты. Наибольшее распространение имеют розовые хорошо ограненные ромбододекаэдри – гранаты гроссуляр-альмандин-спессартины (размером 0.2–2.0 мм), они встречаются во всех шлиховых пробах конглобрекций. Такие же гранаты распространены в метаморфических породах кристаллического позднепротерозойско-вендского фундамента – в сланцах различного состава. Характерной особенностью этих гранатов являются многочисленные мелкие сингенетические включения кварца. Эти же типы гранатов имеют широкое распространение в алмазоносных породах Вишерского Урала на Полудовом кряже. Установлено, что в тяжелой фракции проявления Ичетью присутствуют четыре разновидности гранатов (проанализировано 32 зерна). Наиболее распространены (66% зерен) гроссуляр-альмандин-спессартины, следующие по распространенности – альмандин-гроссуляры (20%), далее пироп-альмандины – (10%), и одно зерно – гроссуляр-андрадит (3%). Для сравнения отметим, что гранаты в Умбинской кимберлитовой трубке преимущественно низко кноррингитовые пиропы. Из этого следует, что в тяжелой фракции проявления Ичетью отсутствуют гранаты (пиропы), ассоциирующие с алмазами в перидотитовой мантии. Изотопный состав углерода ичетьюских алмазов и минералы включений свидетельствуют о том, что среднетиманские алмазы имеют происхождение из эклогитовой мантии, поэтому пиропы с кноррингитом не могут быть генетическими спутниками ичетьюских алмазов. И напротив, альмандин-гроссуляры и пироп-альмандины, встречающиеся в эклогитах и распространенные в среднетиманских лампрофирах, могут претендовать на роль генетических спутников алмаза. Получается, что только третья часть зерен гранатов проявления Ичетью может быть спутниками алмаза, и все они встречаются в лампрофирах.

Хромшпинелиды. В результате изучения состава 32 зерен хромшпинелида установлено, что в тяжелой фракции конглобрекции присутствуют шесть химических разновидностей: пятая часть зерен это высокохромистые хромиты – 6 (~20%); алюмохромитов – 2; субферриалюмохромитов – 2; субферрисубалюмохромитов – 4; хромпикотитов – 17; хроммагнетит – 1. Большая часть зерен (~60%) представляют высокоглиноземистые разновидности – хромпикотиты и алюмохромиты. Примерно 20% это железистые метаморфические разновидности. Высокоглиноземистые и железистые метаморфические разновидности хромшпинелида встречаются в качестве акцессорных рудных минералов в лампрофирах. Наиболее интересные составы хромшпинелида встречаются почти в каждой пробе это высокохромистые хромиты, содержащие до 63–65% Cr_2O_3 , эти хромшпинелиды – надежные индикаторы алмазоносности они встречаются в виде включений только в самих кристаллах алмаза. Встречено несколько уникальных зерен хромшпинелидов с высоким содержанием изоморфного цинка до 3.9% ZnO в хромпикотите и до 9.09% ZnO в двух зернах хромита. Интересно, что именно такой состав хромита с 9% ZnO встречен нами в виде включения в алмазе в Архангельской кимберлитовой трубке. Ранее было показано, что цинковые разновидности хромшпинелидов в виде пленок и вторичных каемок встречаются как в проявлении Ичетью, так и в виде акцессориев в лампрофирах Четлаского Камня.

Десятью процентов от числа минеральных видов проявления Ичетью совпадают по типоморфным химическим особенностям с породообразующими и акцессорными минералами лампрофиров, все это позволяет предположить, что одним из возможных коренных источников этих минералов проявления Ичетью могут быть магматические щелочно-основные породы лампрофиров, широко распространенные на Среднем Тимане.

Типохимические особенности и геохимические индикаторы рудных толщ Пижемского титанового месторождения

Макеев А.Б.

ИГЕМ РАН, *abmakeev@igem.ru*

Пижемское титановое месторождение (Средний Тиман, Республика Коми) известно с начала шестидесятых годов XX века лицензировано и интенсивно опрашивается.

Титаноносные песчаники Пижемского месторождения слагают немую досреднедевонскую малоручейскую рудную толщу, которая распространена локально (6×18 км) на севере Вольско-Вымской гряды на площади примерно 90 км², образуя Ичетьюскую депрессию. Малоручейская свита (mг) с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на метаморфических породах (глинистых сланцах) позднего протерозоя – венда (V₁lv). Перекрывается титаноносная толща аллювиальными стекольными кварцевыми песчаниками среднедевонского возраста (D₂pz) и вулканогенно-осадочной толщей позднего девона (D₃vl), в строении которой принимают участие базальтовые силлы, покровы и их туфы (Макеев и др., 2012).

Геологическое строение толщи и минералогические особенности руд Пижемского месторождения близки Ярегскому лейкоксеновому месторождению Южного Тимана. Но в отличие от последнего пижемские ильменит-лейкоксен-кварцевые песчаники не содержат нефти, характеризуются благоприятной гидрогеологической обстановкой и близповерхностным залеганием, удобным для карьерной добычи. Современные поисково-оценочные работы сопровождаются колонковым бурением с гамма-каротажем, секционным опробованием, РФА химическими анализами, петрографическими, прочностными, минералогическими и технологическими исследованиями кернa.

Химический анализ руд и пород производится в ИГЕМ РАН, на современной РФА аппаратуре фирмы Phillips (полный силикатный анализ и определение 15 микрокомпонентов). Получаемая информация по химическому составу пород позволяет точно диагностировать литологические разности, отделять рудные толщи от безрудных, получать сведения о концентрации полезных компонентов для подсчета их запасов. Одной из задач решаемой с помощью РФА анализа, является уточнение литологических разностей пород и выделение границ, похожих по текстурно-структурным особенностям серых стекольных песчаников пижемской свиты (D₂pz) от серых каолинит-кварцевых песчаников верхней малоручейской толщи и серых рудных ильменит-лейкоксен-кварцевых песчаников средней малоручейской толщи, отличающихся генезисом (аллювиальные терригенные осадки, коры выветривания).

Нижняя красноцветная малоручейская толща (mг₁), которая представлена переслаиванием гравелитов, лейкоксен-кварцевых песчаников, алевролитов и каолинит-серицитовых глин, характеризуется максимальным накоплением железа (в виде гематита, гетита и сидерита), а также иттрия, бария, стронция и рубидия. Максимальное содержание Rb – в глинах.

Элементами-индикаторами рудной титаноносной средней малоручейской толщи (mг₂) являются: 3.2–13.5% TiO₂; 0.10–0.36% ZrO₂; 0.88–5.21% Fe₂O₃; 0.023–0.224% MnO; 217–478 г/т V; 261–538 г/т Sr; 30–323 г/т Ba; 49–99 г/т Nb; 8–65 г/т Rb. Максимальные накопления характерны для титана, циркония, ниобия, суммы лантаноидов, марганца и ванадия.

В верхней малоручейской толще (mг₃) содержание всех этих компонентов резко снижается: 0.17–1.2% TiO₂; 0.017–0.064% ZrO₂; 0.20–0.73% Fe₂O₃; 0.003–0.015% MnO; 15–136 г/т V; 55–363 г/т Sr; 30–248 г/т Ba; 3–29 г/т Nb; 8–39 г/т Rb.

Пижемские (D₂pz) стекольные песчаники характеризуются близокларковыми содержаниями анализируемых компонентов на грани чувствительности анализа. Граница между серыми пижемскими песчаниками и верхней малоручейской толщей устанавливается по резкому увеличению в последней Sr и Ba.

Корреляционный анализ выявил высокие положительные связи между Fe, Mn и V, которые концентрируются в ильмените; La, Ce, Nd и P, которые образуют матрицу монацита; и Fe, Al, K, Ba, Rb, которые являются остаточными компонентами разложившейся при выветривании высокожелезистой слюды ряда флогопит-истонит-аннит-сидерофиллит.

Литература

Макеев А.Б., Дудар В.А., Самарова Г.С., Быховский Л.З., Тигунов Л.П. Пижемское титановое месторождение (Средний Тиман) аспекты геологического строения и освоения // Рудник будущего. 2012. №6. С.16–24.

Типоморфизм циркона из конглобрекций Ичетью

Макеев А.Б., Борисовский С.Е., Жиличева О.М.

ИГЕМ РАН, abmakeev@igem.ru

Изучены морфологические особенности зерен циркона проявления Ичетью, внутреннее строение (зональность и секториальность), химический состав в полированных препаратах с помощью электронной микроскопии (микроанализатор JXA-8200) и цветная катодолюминесценция (установка на базе рентгеновского микроанализатора Cameca MS-46) в ИГЕМ РАН. Округлая «зрелая» окатанная форма зерен и обломков кристаллов циркона со срезанными эрозией зонами роста и частыми краевыми каемками наклепа свидетельствуют о дальнем переносе минерала.

Катодолюминесценция более 100 зерен циркона позволила выявить три разности по типу свечения: цирконы с желтым свечением (1/4), цирконы с голубым свечением (3/4) и в составе последней группы цирконы (1/5) с пятнистым белым нерегулярным свечением. Активаторами катодолюминесценции являются тяжелые лантаноиды, а гасителями U и Th.

По составу примесей все цирконы проявления Ичетью можно объединить в две совокупности: цирконы с очень высоким содержанием примесей (0.п–п мас.%), и цирконы с низким содержанием примесей (0.00п–0.0п мас.%). Часть выборки это цирконы с высоким содержанием «ксенотимовой» компоненты (6–15%) в отдельных зонах роста. Редко встречаются малаконы (ямагучилиты) с еще более высоким содержанием 30–55% «ксенотимовой» компоненты, отличающиеся поликристаллической текстурой, метаиктным строением, нерегулярной пятнистой белой катодолюминесценцией. По сути дела это промежуточные по составу члены ряда циркон-ксенотим с гетеровалентной схемой изоморфизма. Наличие в составе этой циркониевой фазы уникально высокого содержания иттрия, диспрозия и других тяжелых лантаноидов, скандия, гафния выводит ее в разряд особо ценного редкометалльного минерального сырья.

Наиболее интересными из изученной выборки цирконов оказались четыре зерна из трех проб. Эти зерна циркона обладают ярко выраженной ростовой зональностью, при этом темные зоны (режим BSE) оказались обогащенными P_2O_5 , Y_2O_3 , Dy_2O_3 , Ce_2O_3 , UO_2 , ThO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 , Al_2O_3 , FeO, CaO, а суммарное содержание этих компонентов находится в интервале от 6 до 15%. Такое содержание примесей в цирконе наблюдается очень редко, и в этом отношении эта разновидность циркона уникальна. Содержания этих компонентов взаимно коррелируются, поэтому можно предположить, что на наноразмерном кластерном уровне эти примеси могут образовывать собственную минеральную фазу, которая располагается по определенным зонам роста и близка по составу к ксенотиму (YPO_4).

Судя по результатам исследований С.Г. Скублова и др. (2012), которые обобщили свои (Кольский регион) и мировые данные по химическому составу и другим типоморфным особенностям эклогитовых цирконов, цирконы проявления Ичетью не являются производными эклогитовых пород. По изотопии углерода ичетьюских алмазов и парагенезису минералов-спутников (включений в алмазах) нами установлено, что алмазы Ичетью напротив являются производными эклогитовой мантии (Макеев, Дудар, 2001). Минералогический анализ шлихов алмазоносных конглобрекций (Ичетью) выявил отрицательную корреляцию между количеством циркона в шлихе и алмазоносностью этой породы. Таким образом, циркон находящийся в парастерезисе с алмазом в конглобрекциях Ичетью, не является его минералом-спутником. Источником циркона в тяжелом шлихе конглобрекций могут быть редкометалльные метасоматиты и породы кристаллического фундамента.

Литература

- Макеев А.Б., Дудар В.А. Минералогия алмазов Тимана. СПб: Наука, 2001. 336 с.
Скублов С.Г., Березин А.В., Бережная Н.Г. Общие закономерности состава цирконов из эклогитов по редким элементам применительно к проблеме возраста эклогитов Беломорского подвижного пояса // Петрология. 2012. Т.20. №5. С.470–494.

Минералого-геохимические ассоциации платиноидов дунит-гарцбургитовых и клинопироксенит-дунитовых комплексов

Малич К.Н.¹, Баданина И.Ю.¹, Кнауф В.В.², Мурзин В.В.¹

¹ИГГ УрО РАН, dunite@yandex.ru; ²ЗАО «НАТИ», natires@natires.com

Предметом нашего сообщения являются оригинальные данные по химическому составу, изотопно-геохимическим особенностям и условиям образования Os-Ir-Ru и Pt-Fe сплавов, Ru-Os сульфидов и вмещающих их хромититов на примере дунит-гарцбургитовых комплексов (Кунар, Краубат, Верх-Нейвинск, Шетланд, Троодос и Финеро) и клинопироксенит-дунитовых массивов, с которыми тесно связаны россыпные месторождения платиноидов Восточной Сибири (Гули, Кондер) и Платиноносного пояса Урала (Нижний Тагил). Исследование является частью более глобальной попытки понять условия образования и источники Os-содержащих минералов платиновой группы (МПГ) вещества верхней мантии (Walker et al., 2002 и др.).

Для хромититов дунит-гарцбургитовых комплексов и Гулинского массива типично преобладание тугоплавких платиноидов Ir-группы (Os, Ir и Ru) над легкоплавкими платиноидами Pt-группы (Rh, Pt и Pd), что контрастирует с иридиево-платиновой специализацией хромититов Кондерского и Нижне-Тагильского массивов. Пониженные относительно хондритового универсального резервуара значения $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ хромититов указывают на субхондритовый источник элементов платиновой группы (ЭПГ). Характер распределения платиноидов и «нерадиогенный» изотопный состав осмия (0.1232–0.1247) близки таковым подформных хромититов из мантийных разрезов дунит-гарцбургитовых массивов мира (Walker et al., 2002).

Минеральные ассоциации платиноидов хромититов соответствуют геохимическому распределению ЭПГ в данных породах. В частности, для массивов Кунар и Верх-Нейвинск выявлено широкое распространение МПГ системы Ru-Os-Ir (осмий, рутений, рутениридосмин и иридий) с рутениевым трендом составов. Для МПГ хромититов массивов Троодос и Финеро преобладающими являются Ru-Os сульфиды (твердые растворы ряда лаурит-эрликманит), среди которых доминирует лаурит с незначительными концентрациями осмия. Хромититы массива Краубат и рудопроявления Гарольд Грейв массива Шетланд характеризуются большим разнообразием МПГ (сульфидов, интерметаллидов, сульфоарсенидов, теллуридов, арсенидов, антимонидов); среди них преобладает лаурит с широко варьирующими концентрациями осмия от 0.9 до 26.4 мас.%. МПГ хромититов Гулинского представлены минералами тугоплавких платиноидов – иридистым осмием и лауритом. Выявленные особенности Ru-Os-Ir сплавов и Ru-Os сульфидов определяют их как наиболее ранние высокотемпературные образования в ультрамафитах.

подавляющее большинство МПГ хромититов Кондерского и Нижне-Тагильского массивов и ассоциирующих с ними россыпей платины представлены железо-платиновыми сплавами, которые преобладают над минералами осмия и иридия. Химический состав изученных Pt-Fe твердых растворов близок к стехиометрии Pt_2Fe , что характерно для ультрамафитовых комплексов уральского типа, офиолитовых массивов и дифференцированных ультрамафитовых интрузивов (Cabri et al., 1996; Служеникин, 2000 и др.).

Особая роль в генетических построениях отводится вариациям изотопного состава осмия Os-содержащих МПГ и вмещающих их хромититов, являющихся индикаторами изотопно-геохимической эволюции мантийного вещества разных геологических обстановок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 12-05-01166 и 13-05-96044-р-Урал-а) и УрО РАН (12-5-6-019-АРКТИКА).

Литература

Служеникин С.Ф. Малосульфидное платиновое оруденение в дифференцированных базит-гипербазитовых интрузивах Норильского района. Автореферат дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ИГЕМ РАН, 2000. 26 с.

Cabri L.J., Harris D.C., Weiser T.W. Mineralogy and distribution of platinum-group minerals (PGM) placer deposits of the world // *Exploration and Mining Geology*. 1996. V.5. P.73–167.

Walker R.J., Prichard H.M., Ishiwatari A., Pimentel M. The osmium isotopic composition of convecting upper mantle deduced from ophiolite chromites // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2002. V.66. P.329–345.

Титановые россыпи нижнего франа юго-востока Воронежской антеклизы

Милаш А.В.

НИИ Геологии ВГУ, *pirit86@yandex.ru*

Ястребовское время раннего франа ознаменовалось проявлением эксплозивной вулканической деятельности на юго-востоке Воронежской антеклизы. Продукты эксплозивных выбросов оказали существенное влияние на характер осадконакопления этой площади и определили характерный облик вулканогенно-осадочных пород ястребовской свиты.

В центральной части рассматриваемой площади, на междуречье рек Дона и Толучеевки накапливались наиболее грубообломочные разности (средне- и крупнообломочные туфы, туфобрекчи, туфоконгломераты) вокруг центров извержений. Для разреза характерно чередование этих пород с нормально-осадочными разностями – разнозернистыми до грубозернистых песчаниками, алевролитами, реже аргиллитами, формировавшимися в прибрежно-морских условиях слабой (IIIА) и средней гидродинамической активности среды (IIIБ). Значительная роль в разрезах принадлежит вулканомиктовым разностям. Местами отчетливо проявляется ритмичное строение разреза.

По данным фациального анализа в нижнем фране основная часть площади представляла прибрежно-морскую мелководную зону, в пределах которой действовало около 15 вулканов центрального типа. Возникшие во время извержений небольшие конусы насыщенного ильменитом пирокластического материала быстро размывались, а продукты их разрушения отлагались поблизости.

Ястребовские отложения залегают на глубинах от первых до 250 м и вскрыты только Павловским гранитным карьером. Мощность их не выдержана и составляет от первых до 40 м. Максимальные отмечены вблизи вулканических аппаратов. Здесь же наблюдаются и наиболее высокие содержания ильменита (до 350 кг/м³), образующего россыпи. Кроме ильменита и магнетита к продуктам эксплозивной деятельности относятся хромшпинелиды, оливин, муассанит, фторопатит, циркон (розовато-желтые кристаллы цирконового облика с включениями ильменита), пироп, пироксены.

В составе россыпей преобладает ильменит (10–47%), обломки эффузивных пород с зернами ильменита (0.02–31%), сидерит (3–84%), хромит, гранат, ставролит, циркон, рутил, анатаз, лейкоксен, апатит (всех до первых процентов). (Савко, 1995)

В настоящее время титановые россыпи нижнего франа юго-востока Воронежской антеклизы промышленно не разрабатываются. На Шкурлатовском гранитном карьере ястребовские отложения идут в отвалы, хотя по содержанию основных компонентов концентрат ильменита получаемых из ястребовских туфогенных пород вполне соответствует требованиям, предъявляемым металлургией. Сравнение содержаний элементов-примесей в концентрате ильменита из ястребовского горизонта карьера с концентратом ильменита Самотканского месторождения, используемого в металлургии, показывает, что они очень близки по содержанию галлия, никеля, ванадия, кобальта, несколько отличаясь по количествам ниобия, циркония, бария и хрома.

В районе распространения вулканогенно-осадочных образований юго-востока ВКМ выявлено несколько россыпей: Шкурлатская, Нижне- и Верхне-Мамонские, Лосевская, Мало-Рахманская. Промышленный интерес представляют участки со средним содержанием ильменита около 100 кг/м³.

Литература

Савко А.Д., Беляев В.И и др. Титан-циркониевые россыпи Центрально-Черноземного района // Изд-во Воронежского госуниверситета, 1995. С.18–19.

Изучение золотоносности намывных техногенных отвалов

Наумов В.А., Илалтдинов И.Я., Голдырев В.В.

*Естественнонаучный институт Пермского государственного
национального исследовательского университета, naumov@psu.ru*

При разработке россыпных месторождений золота в процессе обогащения исходных песков формируются техногенные отвалы путем гидронамыва материала в виде конуса намыва отвалов. Повышенная мощность осадков в головной части (зоне боя потока) постепенно уменьшается к периферии намыва. Наблюдается механическая дифференциация осадков по крупности. Она отвечает литодинамической зональности осадков (Наумов, 1994).

При добыче золота гравитационными способами оно теряется. Потерянное при промывке золото концентрируется в намывных техногенных отвалах. Распределение золота в намывных осадках подчинено законам механической дифференциации (Наумов, 2010), выделяется зона концентрации и зона рассеяния золота. Количественная оценка потерь и определение запасов золота требуются для обоснования направления последующего использования отвалов: в качестве сырья для строительных целей, вторичного извлечения золота, или иных целей. Параметры разведочной сети опробования таких образований не разработаны. Оценку таких объектов обычно ведут в соответствии с требованиями к разведке россыпей. Однако результат опробования отвалов по разведочной сети россыпей принципиально не верен.

Достоверное определение массы золота в намывном техногенном отвале получается при знании объема горной массы в отвале и содержании золота. Зона концентрации золота благоприятна для повторного извлечения золота, осадки зоны рассеяния следует использовать для других целей. Определение объемов горной массы с разным содержанием золота, выделение зоны концентрации и зоны рассеяния возможно при проведении дискретного опробования осадков. Опробование предлагается проводить точечными пробами с поверхности вкрест максимальной изменчивости содержания золота по одному из центральных профилей конуса намыва отвалов. Расчет массы золота в каждом секторе опробования следует вести по известным формулам расчета объема материала в секторе опробования к среднему содержанию золота в секторе. Суммирование данных массы золота по секторам покажет общие потери золота при обобщении и поступлении его в конус намыва. Дискретное опробование позволит выявить экономически выгодную к повторной разработке зону концентрации для повторного извлечения золота.

Осадки зоны рассеяния могут быть использованы в технологическом процессе для создания фильтровальных плотин и площадей. Создание из промытых осадков фильтровальных площадей позволит уменьшить количество взвешенных частиц в воде и снизит экологический ущерб от разработки месторождения.

Литература

Наумов В.А. Процессы формирования и распределения концентраций благородных металлов в техногенных россыпях и отвалах Урала // Горный журнал. Уральское горное обозрение. Екатеринбург, 1994. №8. С.39–50.

Наумов В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия: автореф. дисс. доктора геол.-мин. наук. Пермь, 2010. 42 с.

Золотороссыпные комплексы Пермского края

Наумова О.Б., Лунев Б.С.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
poisk@psu.ru*

В тектоническом отношении золотоносные россыпи приурочены к наиболее крупным блокам земной коры. Основная доля россыпей золота связана с Вишерско-Висимской и Чусовской структурно-эрозионными депрессиями, сформированными в условиях развития надвигов. В результате дифференцированных движений земной коры на фоне регионального воздымания складчатого Урала в ослабленных зонах надвигов происходило разрушение раздробленного материала, врез в подстилающие золоторудные породы, их коры выветривания, перемыв и вынос рыхлого материала. Золотоносные комплексы представлены мезозой-кайнозойскими отложениями. Продуктивные горизонты приурочены к олигоценовым, миоценовым отложениям и голоценовому аллювию.

Размещение россыпных районов на территории края отчетливо контролируется тектоно-геоморфологическим фактором – их приуроченностью к структурно-эрозионным депрессиям. Существенна роль климатического и стратиграфического факторов.

Известные россыпи и россыпепроявления золота на территории Пермского края находятся в Горнозаводском и Красновишерском районах. Золото в Пермском крае учтено на 17 россыпных объектах. Общие запасы россыпного золота кат. В + С + С₂ составляют около 15 т (Красновишерский район – 71.3%, Горнозаводский – 28.7%). Среднее содержание золота на месторождениях составляет 200–300 мг/м³ на пласт «песков».

В Горнозаводском районе основное количество россыпей приурочено к зоне Вишерско-Висимской структурно-эрозионной депрессии. Относительно водораздела Кварцеговской гряды выделено две группы россыпей: западная и восточная. Западная группа располагается в пределах Вишерско-Висимской депрессии (отработанная Полу-денская россыпь, разрабатываемые россыпи рек Бол. и Мал. Шалдинки, разведанные россыпи Средней Северной Рассохи, верховьев р. Вильвы и др.), восточная группа включает россыпи рек Северной и Ивановки, Больше-Именновской и Чекменской.

Вишерско-Висимская депрессия отчетливо выражена в рельефе в виде корытообразного понижения между хребтами и протянулась в меридиональном направлении более чем на 500 км. Ширина депрессии – 2–4 км. В южную часть депрессии вложена современная долина р. Койвы. Мощность рыхлых отложений достигает 40 м и более. Основание депрессии сложено терригенно-карбонатными породами палеозоя и сланцами вильвенской свиты. По простиранию депрессии профиль коренного ложа волнообразный, что в значительной степени обусловлено карстовыми процессами. Границы депрессии контролируются крупными разрывными нарушениями: Теплогорским разломом и Тылайско-Промысловским надвигом. В бортах депрессии присутствуют олигоценовые каолинит-гидрослюдистые коры выветривания. В строении рыхлых отложений, выполняющих депрессию, принимают участие аллювиальные, делювиальные и озерные отложения олигоценового, миоценового и четвертичного возраста. Промышленные концентрации металлов приурочены в основном к олигоценовым галечникам.

В Красновишерском районе россыпи золота также приурочены к мезозойско-кайнозойским структурно-эрозионным депрессиям, поверхностям выравнивания, надвиговым зонам. Они расположены в бассейне р. Вишеры, долинах рр. Вишеры, Велса, Кутима (рр. Саменка, Бол. Сурья и др.) и др. Многие из них затронуты старательскими разработками.

Существующие представления о закономерностях размещения россыпей на территории Пермского края в связи с развитием зон надвигов позволяют прогнозировать открытие новых районов и месторождений россыпного золота. В настоящее время добыча золота в Пермском крае не ведется.

Аллювиальные автохтонные россыпи золота, потерявшие и сохраняющие прямую связь с рудными источниками

Нестеренко Г.В., Колпаков В.В., Жмодик С.М., Калинин Ю.А.

ИГМ СО РАН, nesterenko@igm.nsc.ru

Высокое прогнозное значение на эндогенное оруденение аллювиальных автохтонных россыпей золота общеизвестно. Большая часть вскрытых эрозией золоторудных месторождений и рудопроявлений сопровождается подобными россыпями. Известно также, что для многих россыпей, в том числе полностью отработанных, первоисточники остались не установленными. Это объясняется формированием многих россыпей за счет рассеянной, бедной золоторудной минерализации. Авторы настоящего сообщения полагают, что существует и другое не менее важное объяснение этому. Оно состоит в том, что по характеру связи с питающими рудными источниками выделяется два крайних типа золотоносных россыпей: 1 – потерявших непосредственную «живую» связь с рудными источниками и 2 – сохраняющих такую связь. Оценочно-поисковое значение россыпей второго типа на коренное золотое оруденение прилегающих площадей несопоставимо выше, нежели первого.

Особенностью автохтонных золотоносных россыпей является их высокая устойчивость во времени и относительно высокая – в пространстве. Такие россыпи являются чувствительным индикатором местоположения питающей их рудной минерализации, однако масштабы их часто не отражают масштабы сохранившихся от эрозии частей первоисточников. При большой эродированности территории питающий рудный источник может быть полностью смыт и россыпь как бы теряет «живую» с ним связь. В этом случае самородное россыпеобразующее золото может быть единственной формой благородного металла в золотоносном аллювии. Содержание других форм золота, как и сопутствующих ему рудных элементов, близко региональному фону. Последний для золота в водах водотоков большей части золотоносных районов Южной Сибири составляет 0.002–0.005 мг/л, а в илистых донных осадках – 1–3 мг/т.

Главной отличительной чертой россыпей второго типа является совмещенность с ними геохимических потоков рассеяния золотого оруденения. При формировании последних процессы остаточного накопления проявлены слабо, а само наличие потоков отражает синхронные процессы денудации и эрозии рудной минерализации, включая ореолы её рассеяния и золотоносные коры выветривания. Повышенной контрастностью отличаются гидрогеохимические и литогеохимические в донных илах потоки в случае развития водотоков на небольшом удалении от средне- и крупномасштабных золоторудных месторождений преимущественно сульфидсодержащих формаций. Концентрация золота в отдельных случаях может превышать региональный фон на три порядка. Примером этому могут служить Итакинское рудное поле в Забайкалье и Синюхинское – в Горном Алтае (Нестеренко, 1991). На площади Олимпиадинского месторождения максимальная концентрация золота в водотоке – 7.6 мг/л, а в донных илах – 0.4 г/т; вблизи Сухоложского месторождения они равны 5.0 мг/л и 10.0 г/т, соответственно (Загоскин, 2003).

Важное поисково-оценочное значение на коренное золотое оруденение может играть и аномально высокое содержание золота в обломочном материале золотоносного аллювия. Уместно напомнить, что единственное в Горном Алтае эксплуатируемое месторождение – Синюхинское золото-медно-скарновое – было в свое время обнаружено по обломкам золотоносных скарнов в рч. Синюха (Нестеренко, 1991). В отличие от россыпеобразующего золота, практически полностью заключенного в песках россыпей, аномально высокая концентрация связанного в обломках металла отмечаются и в торфах.

Особо высокое прогнозное значение на рудное золото имеют отвальные комплексы россыпей. Это связано с высокой отработанностью россыпей и с тем, что потоки рассеяния на дневной поверхности в ряде случаев не проявляются, а развиваются в закрытом виде (Загоскин, 2003) в продуктивных отложениях, хвостами отработки которых и представлены многие отвалы.

Литература

Загоскин В.А. Высокоэффективные технологии геохимических поисков руд и россыпей в таежных и субарктических ландшафтах. Т.1. М.: «Пробел», 2003. 543 с.

Нестеренко Г.В. Прогноз золотого оруденения по россыпям. Новосибирск: Наука, 1991, 190 с.

Модель формирования россыпной золотоносности (восток Сибирской платформы)

Никифорова З.С., Герасимов Б.Б., Глушкова Е.Г., Каженкина А.Г.

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН,
znikiforova@yandex.ru*

На основании обобщения материалов по типоморфизму самородного золота и закономерности его размещения предложена модель формирования россыпной золотоносности на востоке Сибирской платформы.

Эталонном образовании россыпной золотоносности, сформированной за счет коренных источников докембрийского и, частично, мезозойского возраста является территория Оленекского поднятия (бассейн р. Эекит). Установлено, что золото из раннепротерозойских кварц-карбонатных жил, кварцевых конгломератов раннерифейского и раннепермского возраста, а также из современных аллювиальных россыпей имеет схожие типоморфные признаки. Это золото представлено в основном фракцией 0.1–0.16 мм, чешуйчатой, пластинчатой и комковидной формами с признаками вдавливания минералов на поверхности, высокой пробности >900‰, практическим отсутствием элементов-примесей и глубоко преобразованным внутренним строением. Выявленные в золоте типоморфные признаки характерны для золота I типа дальнего сноса, которое пребывало продолжительное время в экзогенных условиях и, неоднократно переотлагалось из древних уровней в более молодые. В связи с этим сделан вывод, что золотоносность конгломератов рифейского и пермского возраста сформировалась за счет поступления золота из раннепротерозойских коренных источников, что подтверждается не только обнаружением в разновозрастных отложениях россыпного золота со схожими признаками, но и историей геологического развития данной территории. По данным Б.И. Прокопчука и др. (1973), пермские конгломераты образовались в результате переотложения древних толщ, о чем свидетельствует сходный состав обломочного материала. Следует отметить, что наряду с переотложенным золотом I типа, в четвертичных отложениях обнаружено (до 80%) золота II типа ближнего сноса. Это золото по совокупности типоморфных признаков резко отличается от золота I типа. Оно относительно крупное (> 0.25 мм), низкой и средней пробности, с широким диапазоном элементов-примесей и неизменной внутренней структурой. По закономерности размещения двух типов золота установлено, что I тип образует ореол рассеяния вблизи выхода фундамента, а II тип пространственно приурочен к континентальному Уджинскому палеорифту.

Выявленная закономерность образования россыпной золотоносности наблюдается по всей территории востока Сибирской платформы, в частности, на Лено-Анабарском, Лено-Виллюйском междуречьях и Средней Лены. Здесь, наряду с золотом I типа, образующим ореол рассеяния вблизи выходов фундамента, до 50% и более присутствует золото II типа рудного облика, источники которого пространственно приурочены к континентальным палеорифтам (Уджинскому и Виллюйскому). По данным Е.Е. Милановского (1983) эти рифты были неоднократно регенерированы в мезо-кайнозойское время. Примером образования россыпи за счет коренного источника, пространственно приуроченного к зоне Уджинского палеорифта, служит россыпь руч. Моргогор (р. Эбелях). Таким образом, впервые на востоке Сибирской платформы по типоморфизму россыпного золота установлен преемственный путь развития россыпей от древних золотоносных коллекторов к четвертичным образованиям, что подтверждает ранее высказанные предположения (Трушков и др., 1975; Шпунт и др., 1976).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 12-05-98500).

Литература

- Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли. М.: Недра, 1983.
- Прокопчук Б. И., Сочнева Э.Г., Кривонос В.Ф. Минеральный состав тяжелой фракции и источники сноса пермских отложений Лено-Анабарского междуречья (северо-восток Сибирской платформы) // Известия АН СССР. 1973. №5. С.82–92.
- Трушков Ю.Н., Избеков Э.Д., Томская А.И., Тимофеев В.И. Золотоносность Виллюйской синеклизы и ее обрамления. Новосибирск: Наука, 1975.
- Шпунт Б.Р., Шамшина Э.А., Шаповалова И.Г. Докембрий Анабаро-Оленекского междуречья. Новосибирск: Наука, 1976.

Предполагаемые коренные источники Au-Pt формации (Лено-Виллюйское междуречье)

Никифорова З.С.¹, Каженкина А.Г.²

¹ИГАБМ СО РАН, znikiforova@yandex.ru; ²ИГАБМ СО РАН, asiak@rambler.ru

Территория района исследований располагается в центральной части востока Сибирской платформы (южный борт Виллюйской синеклизы), сложена в основном породами мезозойского и частично среднепалеозойского возраста, которые в значительной мере перекрыты четвертичными отложениями. Магматические образования проявлены только на западной окраине Виллюйской синеклизы и представлены силлами пермо-триасовых траппов, а в междуречье Марха-Виллюй базальтовыми покровами среднепалеозойского возраста. Существуют различные мнения о типах коренных источников, обусловивших образование столь обширного ореола знаковой золотоносности Лено-Виллюйского междуречья. В.Л.Масайтис и др. (1969) полагали, что одним из источников формирования современных россыпей являлись золоторудные проявления, парагенетически связанные с базитовым магматизмом (содержание Au в них до 1 г/т). По данным И.Н.Истомина, В.М.Мишнина (2003) на исследуемой территории обосновано существование раннепротерозойского подвижного пояса, где широко проявлен базитовый магматизм, с развитием которого они объясняют основную металлоносность докембрийского возраста. Действительно, работы последних лет показывают, что оруденения золото-платиноидной формации связаны с базитовым магматизмом (Мельников, 2010). Более того, И.Ю. Баданина и др. (2010) впервые на Гулинском массиве обнаружили в золоте МПГ, что позволяет предполагать о возможности формирования коренных источников Au-Pt формации в исследуемом регионе.

Известно, что минералого-геохимические особенности россыпного золота несут важную информацию о первичных источниках и позволяют в первом приближении определить формационный тип оруденения. В связи с этим было изучено россыпное золото из русловых и четвертичных отложений Лено-Виллюйского междуречья, всего проанализировано более 300 объектов. В результате изучения минералого-геохимических особенностей россыпного золота выявлено, что на данной территории широко распространено чешуйчатое и пластинчатое золото, размером 0.1–0.25 мм, высокой пробностью до 999‰, с низким содержанием Ag (0.75–7.4%) и повышенным Cu (0.27–1.27%). Спектральным количественным анализом в россыпном золоте бассейна р.Виллюй (более 100 объектов) установлены примеси Pt 39–94 г/т, Pd до 570 г/т (в единичном случае > 1015 г/т) и Ni до 6 г/т. По данным Е.Г. Глушковой (2009) в 5 мг золотине из россыпи «Байыттаах» выявлены примеси Fe, Pt, Ni, Cu, Zn. Кроме этого в двух золотилах, отобранных из русловых отложений р. Баага (р.Кемпендяй), качественным анализом обнаружены спектры элемента Pt с содержанием до 10.03% (аналитик Попова С.К., ИГАБМ СО РАН). Это золото обнаружено в обрамлении древнего выхода фундамента Виллюйской синеклизы в области Сунтарского поднятия. Таким образом, выявление в россыпном золоте таких постоянных элементов примесей как Pt, Pd и Ni позволяет в первом приближении прогнозировать на данной территории формирование коренных источников золото-платиноидной формации, вероятно, связанного с базитами раннепротерозойского и более позднего возраста.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 12-05-98500.

Литература

Баданина И. Ю., Малич К.Н., Гончаров М.М., Туганова Е.В. Благороднометалльные россыпи Гулинского массива (север Сибирской платформы): новые данные о необычных минеральных ассоциациях золота и платиноидов // Материалы Всероссийской конференции к 100-летию Н.В. Петровской. Самородное золото: Типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований. Москва: ИГЕМ РАН, 2010. Т.1. С.56–59.

Истомин И.Н., Мишнин В.М. К проблеме поисков месторождений металлов платиновой группы в Якутии // Вестник Госкомгеологии РС (Я), 2003. № 2(5). С.13–27.

Масайтис В.Л., Туганова Е.В., Старицкий Ю.Г. Рудоносность магматических формаций Сибирской платформы // Рудообразование и его связь с магматизмом. Якутск. 1969. С.112–114.

Мельников А.В, Мельников В.Д. Геохимические типы золото-платиноидных формаций // Материалы Всероссийской конференции к 100-летию Н.В. Петровской. Самородное золото: Типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований. Москва: ИГЕМ РАН, 2010. Т.2. С.33–35.

Медистое золото в нижнепалеозойских псефитах (р. Малая Кара, Полярный Урал)

Никулова Н.Ю.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, nikulova@geo.komisc.ru

В разрезе в верховье р. Малая Кара границу континентальных алькесвожских гравелитов (E_3-O_1al) и морских песчаников бадьяшорской свиты (E_3-O_1bd) маркирует слой золотоносных конглобрекчий¹, содержащих обломки ярко-зеленых метасоматитов. Золото представленное сростками пластинчатых тетрагональных и треугольных кристаллов со ступенчатой, кавернозной и мелкоямчатой поверхностью, по составу примесей разделяется на три разновидности, содержащие: 1) от 7.61 до 21.33 мас.% Cu, при отсутствии или малом содержании Ag (до 1.61 мас.%); 2) Cu и Ag в примерно равных количествах (до 3.0 мас.%); 3) только Ag (2.06 мас.%). Золото из подстилающих гравелитов (E_3-O_1al) по морфологии сходно с золотом из брекчий. В восьми из 18 золотин Cu составляет от 9.48 до 19.44 мас.%. Три содержат (мас.%) Cu (до 2.89) и Ag (до 4.83), пять зерен – Ag (до 9.96) и одно зерно с неоднородным составом – Ag (7.75–12.01), Cu (0–1.15) и Pd (0–1.83). Золото из нижнепалеозойских проявлений севера Урала содержит до 3 мас.% Cu (Кузнецов и др., 2001, Никулова и др., 2003). Обнаружение медистого золота всегда связано с метасоматитами по ультраосновным породам (Пыстин и др., 2007). Во время формирования конглобрекчий, как и гравелитов, существовало несколько источников кластогенного золота, одним из которых были рудопроявления гидротермально-метасоматического типа, связанные с диоритами кызыгейского (RF_3-Vkz) комплекса, располагающиеся в поле рифейских основных вулканитов (Озеров и др., 2010). По характеру распределения примесей внутри зерен также выделяются три разновидности золота: 1) состав примесей в центре и на поверхности одинаковый; 2) незначительное увеличение содержания золота и уменьшение меди от центра к краю; 3) содержание меди заметно увеличивается от центра к поверхности. Золотины 1 типа, находились, вероятно, в составе обломков пород. Золото 2-го типа – высвободилось из пород в ходе их дезинтеграции в диагенезе и претерпело незначительное изменение – образование относительно высокопробной каймы. Золотины 3-го типа попали в породу из кембрийской коры выветривания. Состав таких зерен формировался в два этапа: 1 – с поверхности уже высвобожденных из метасоматитов зерен в коре выветривания вынесены медь и серебро с образованием высокопробной каймы; 2 – привнос меди в поверхностные зоны золотин в результате гидротермального воздействия и одновременное образование ассоциирующих с золотом сульфидов меди. Повышенное, по сравнению с алькесвожскими гравелитами, содержание золота в конглобрекчиевом горизонте объясняется вкладом т. н. "контейнерного" золота из не успевших разрушиться обломков метасоматитов.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН № 12-У-5-1008 «Редко- и благороднометальная минерализация осадочного генезиса в нижнепалеозойских толщах севера Урала».

Литература

Кузнецов С.К., Тарбаев М.Б., Ефанова Л.И., Чупров Г.В. Золото коренных проявлений в Кожимском районе Приполярного Урала / Сыктывкарский минералог. сборник. Сыктывкар, 2001. №31. С.1–133. (Тр. ин-та геологии Коми науч. центра УрО РАН. Вып.109).

Никулова Н.Ю., Ефанова Л.И., Швецова И.В., Казачкин М.Ю. Золото в нижнеордовикских терригенных породах на Приполярном Урале // Уральский геологический журнал. 2003. №5 (35). С.77–90.

Озеров В.С., Озерова Э.Н., Игнатович О.О. Новые данные по геологии раннепалеозойских метаморфизованных россыпей золота на Севере Урала / Уральский геологический журнал. 2011. №6. С.21–28.

Пыстин А.М., Пыстина Ю.И., Потапов И.Л., Ронкин Ю.А. Медно-благороднометальная минерализация в докембрийских клинопироксенитах на Полярном Урале / Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения северо-запада России. Петрозаводск. 2007. С.329–331.

¹ Полевое описание проведено В. С. Озеровым (2009 г.), любезно предоставившего для изучения каменный материал.

Рутилы из алмазоносных пород верхнего триаса арктического побережья Якутии: геохимические особенности как индикаторы генезиса

Носова А.А.¹, Голубева Ю.Ю.², Граханов С.А.³, Борисовский С.Е.¹,
Хвостиков В.А.⁴, Карандашев В.К.⁴

¹ИГЕМ РАН, nosova@igem.ru; ²ЦНИГРИ, jugolubeva@gmail.com;
³ИГАБМ СО РАН, s.grakhanov@rambler.ru; ⁴ИПТ РАН, karan@iptm.ru

Алмазоносность базальных отложений карнийского яруса верхнего триаса Арктического побережья Якутии установлена от западных отрогов Верхоянского хребта до Анабарской губы. Находки минералов-спутников алмаза указывают также на алмазоносность верхнего триаса между Анабарским и Хатангским заливами, а также на мысе Цветкова (Восточный Таймыр). Продуктивные отложения карнийского яруса, представлены грубообломочными породами мощностью 0.1–1.0 м (Россыпи алмазов России, 2007). Алмазоносные слои находятся в области интенсивной линейной складчатости мелового возраста, характеризуются сложным составом и фациальной изменчивостью.

В нижнем течении р. Лена обнажения базального горизонта карнийского яруса установлены на о. Таас-Ары, на левом берегу р. Лена в районе р. Балаганнах и на левом берегу р. Булкур. Они отличаются высоким содержанием пиропов (> 50% массы тяжелой фракции), ураганскими концентрациями несортированных алмазов (> 10 кар/м³), аномальными содержаниями анатаза, и присутствием в осадочных породах линз измененного вулканогенного материала – туффитов, состоящего из округлых лапиллей, представленного вулканическим стеклом и породами основного, среднего и ультраосновного состава, цементированных хлоритовым или хлорит-цеолитовым цементом (Граханов и др., 2010).

Нами были изучены туффиты, которые характеризуются высокими содержаниями минералов-спутников алмазов – пиропов, шпинелей, а также рутилов. Были выполнены минералогические, геохимические и изотопно-геохимические исследования пород, туфовых лапиллей и минералов-спутников. Особое внимание было уделено рутилу: детально изучалась выборка (300 зерен) из проявления Булкур. Особенности состава рутила и анатаза были изучены методами электронно-зондового микроанализа с использованием специально разработанной прецизионной методики, ЛА-ИСП-МС и рамановской спектроскопии.

В выборке встречены рутилы и анатазы. По соотношению Cr-Nb доминируют рутилы происходящие из метабазитового источника (~80%); по соотношению Al-Mg ~80% рутилов принадлежат к мантийным парагенезисам. Среди них присутствуют рутилы с высокими содержаниями как Cr, так и Nb, из глубинных мантийных метасоматитов (~25%), геохимические характеристики которых соответствуют рутилам ксенолитов (полимиктовым перидотитам и типа MARID) из кимберлитов. Рутилы с умеренными концентрациями этих элементов и высокими концентрациями Zr также соответствуют рутилам из кимберлитов, и могут происходить из высоко-Т нижнекорových гранулитов. Рутилы с высокими содержаниями Cr, но низкими содержаниями Nb, соответствует рутилам из метасоматических жил в абиссальных перидотитах и рутилам из мафических эклогитов.

По распределению РЗЭ преобладают рутилы с «выпуклым» типом профиля, для которого характерно обогащение в области Gd – Ho и заметное деплетирование ЛРЗЭ. Этот же тип распределения РЗЭ имеют и рутилы геохимического типа мантийных метасоматитов; для некоторых из них отмечается обогащение ЛРЗЭ относительно тяжелых лантаноидов.

По значению Nb/Ta отношения рутилы разбиваются на две группы: большая часть рутилов, в которую входят и рутилы из кимберлитов, имеют суперхондритовое Nb/Ta (28–39), для рутилов второй группы характерно хондритовое Nb/Ta (17–19).

Анатазы встречены как в виде мономинеральных агрегатов (редко с реликтами ильменита), так и монацит-анатазовых агрегатов. Для них характерно резкое обогащение РЗЭ, особенно ЛРЗЭ, низкое Nb/Ta отношение (8), а также обогащение мобильными во флюиде элементами – В, Li, Sb, As, Sr и др.

На основании полученных данных мы полагаем, что алмазоносный базальный горизонт карнийского яруса мог формироваться из слабо перемещенных кор выветривания над кратерными частями кимберлитовых трубок триасового возраста.

Техногенные россыпи золота Казахстана

Перегудов В.В.¹, Шаутенов М.Р.²

¹ТОО «КРИЦ – НТК», *pereval1949@mail.ru*;

²КазНТУ им. К.И. Сатпаева, *shautenov_m@mail.ru*

Впервые техногенные россыпи были выделены Н.А. Шило, подчеркивалось, что они образовались за счет деятельности человека и требуют индивидуального подхода к их оценке и отработке (Шило, 1981). Были выделены отвальные (гале – эфельные) и целиковые техногенные россыпи. Развивая и дополняя идеи Н.А. Шило, на территории Казахстана установлены по месту их нахождения и происхождения следующие типы техногенных россыпей золота.

1. Обоганительные фабрики по переработке золотосодержащих руд
 - 1.1. Внутрифабричные магистрали, пульповоды, желоба, течи, зумпфы, улитки мельниц, насосов, пески спиральных классификаторов, реакторы цианидного выщелачивания и микробиологического окисления.
 - 1.2. Мусорные фабричные свалки.
 - 1.3. Почвы рудных складов, участков перегрузки руды.
 - 1.4. Хвосты обоганительных фабрик.
 - 1.5. Хвосты гидрометаллургических урановых заводов.
 - 1.6. Хвосты кучного выщелачивания.
2. Подземные и поверхностные горные выработки золото – кварцевого оруденения
 - 2.1. Дренажные канавки, зумпфы, «почва» горных выработок («подножка»).
 - 2.2. Вскрышные и околорудные породы карьеров, шахт.
3. Текущие и лежалые хвосты промывки и обогащения россыпей, золотосодержащих кор выветривания (гале – эфельные отвалы).
4. Тепловые электростанции.
 - 4.1. Золоотвалы ТЭЦ, образованные за счет сжигания экибастузских и карагандинских углей.

5. Metallургические комплексы (некоторые шлаки металлургического производства)

Выделить перечисленные типы россыпного золота стало возможным благодаря использованию при обработке проб центробежных аппаратов, позволяющих улавливать мелкое – тонкое золото (Байысбеков и др., 2011). На действующих обоганительных фабриках наиболее высокие концентрации (сотни – тысячи г/т) свободного самородного золота установлены в желобах разгрузки шаровых мельниц и постели отсадки, в песках классификаторов и под броней шаровых мельниц. Обоганительная фабрика представляет собой действующую модель россыпеобразования. Полученные золото – сульфидные концентраты подвергались гидросульфатизации с использованием в качестве окислителя азотной кислоты и с последующей доводкой кеков до шлихового золота (Бергер, 1984). Свободное самородное золото в промышленных концентрациях также выявлено в хвостах гидрометаллургического и флотационного передела, в золе углей на действующих ТЭЦ и т.п. (Перегудов, 2002; Перегудов и др., 2010)

Таким образом, применение центробежной гравитации и гидрометаллургической переработки полученных гравиконоцентратов позволило существенно расширить круг техногенных россыпей выделенных Н.А. Шило, при этом сохранив получение традиционного для россыпей товарного продукта в виде шлихового золота. Большое теоретическое и практическое значение имеет также проведение исследований на обоганительных фабриках по переработке коренных золотосодержащих руд как действующих моделях россыпеобразования.

Литература

- Шило Н.А. Основы учения о россыпях. Москва: Наука, 1981.
- Байысбеков Ш., Шаутенов М.Р., Перегудов В.В., Божко А.Н., Сажин Ю.Г., Акказина Н.Т. Центробежный гидроконцентратор. Инновационные патент №25645. Астана, 2011.
- Бергер Г.С., Орел М.А., Попов Е.Л. Полупромышленные испытания руд на обогатимость. Москва: Недра, 1984.
- Перегудов В.В. Золото в золе Экибастузских углей и рекомендации для геологоразведочных и технологических исследований. Алматы: НЦКПМС РК, 2002.
- Перегудов В.В., Белов Ю.А. Галечно – эфельные отвалы XIX, XX и XXI века (Восточный Казахстан). Мат. XIV межд. совещ. «Россыпи и месторождения кор выветривания», Новосибирск: ООО «Апельсин», 2010.

Золотоизвлекательные фабрики (ЗИФ) – динамические модели россыпеобразования

Перегудов В.В.¹, Шаутонов М.Р.²

¹ТОО «КРИЦ – НТК», *pereval1949@mail.ru*;

²КазНТУ им. К.И. Сатпаева, *shautenov_m@mail.ru*

Гидродинамические силы водного потока оказывают разрушительное действие на породы и руды, приводя к их интенсивному дроблению, измельчению и раскрытию рудных минералов, в том числе и золота (Шило, 1981). В основу создания самих мельниц и разработки технологии рудного самоизмельчения были положены природные процессы разрушения горных пород при образовании россыпных месторождений. При образовании россыпей в природе, в течении огромного времени, действуют те же процессы дробления и концентрации, которые мы применяем при обогащении руд (Линдгрэн, 1932).

Во всех технологических схемах переработки руд можно найти подобие природных процессов – две – три стадии дробления и одна – две стадии измельчения с классификацией в спиральных классификаторах или гидроциклонах с конечной переработкой измельченных руд флотацией или гидрометаллургией. Проблема состояла в поисках места перехвата из непрерывного потока пульпы свободного самородного золота без остановки работы фабрики. После тщательного «пошагового» опробования пульпопроводов, продуктов переработки различных аппаратов наиболее оптимальным местом был выбран желоб разгрузки мельницы замкнутый со спиральным классификатором.

Установленные на разгрузке мельницы отсадочная машина и центробежные аппараты позволили непрерывно по мере вскрытия извлекать из системы все свободное самородное золото и его богатые сростки. Контроль эффективности работы данных аппаратов осуществлялся опробованием песков классификатора. Основные результаты исследований по ЗИФ и сопоставление их с природными процессами россыпеобразования приведены в таблице.

| Технологический процесс | Тип руды | | Природный процесс россыпеобразования – россыпи |
|---|--|-----------------------------|--|
| | Золото – кварцевый | Золото – кварц – сульфидный | |
| | Выход (от руды) свободного самородного золота, % | | |
| 1. Дробление мелкое – среднее с мелкозернистыми фракциями | От 10–30 | От 1–5 | Делювиальные: мелкозернистые фракции коллювия; склоновые отложения в горах |
| 2. Измельчение в шаровой мельнице: - под футеровкой - разгрузке шаровой мельнице желоб+постель отсадки концентрат отсадки концентрат центробежного аппарата | 5–10 35 35 10 | 1–5 5 10 10 | Аллювиальные: - плотик (щеточные); - русловые; - долинные. |
| 3. Пески и слив спирального классификатора | 5 | 70 | Аллювиальные поймы, «косовое золото», прибрежно – морские, озерные россыпи |

Как видно из таблицы, раскрытие свободного самородного золота начинается на стадии дробления. Замечено, чем крупнее выделения золота, тем больше его раскрывается и оно уходит с мелкими фракциями отсева. В шаровой мельнице золото накапливается под футеровкой, что в природных процессах соответствует плотнику россыпей. В разгрузке мельницы наблюдается золото разной крупности, аналогично аллювиальному россыпей. Причем очень крупное (+2 мм) в основной массе осаждается в желобе и постели отсадки, крупное (-2+0.25 мм) в концентрате отсадки и мелкое – тонкое – в концентрате центробежного аппарата. В песках и сливе классификатора преобладают пластинки, чешуйки, так называемое, «плавучее» золото, соответствующее «косовому» и прибрежно – морскому россыпей. Таким образом, в результате проведенных исследований удалось на действующей ЗИФ найти живое сечение потока пульпы, количественные параметры которого позволят реконструировать динамику миграции и накопления свободного самородного золота в природных условиях.

Проявление ниобий-редкоземельных руд рыхлого сложения в Новополтавском карбонатитовом массиве (Украинский щит)

Погребной В.Т.

ГП «Днепрогеофизика», *vit.pogrebnoy@yandex.ru*

Новополтавский карбонатитовый массив линейного типа приурочен к зоне Черниговского разлома Приазовского блока (Капустин и др., 1977; Глеваский, Кривдик, 1981; Фролов и др., 2005; Белов и др., 2008 и др.). В карбонатитах содержится 0.002–0.003% Ta_2O_5 , 0.06–0.3 Nb_2O_5 , и в среднем 4.3% P_2O_5 (Гурский и др., 2006). На породах карбонатитового комплекса развита площадно-линейная кора выветривания (КВК) мощностью от нескольких до 300 м и более. Среднее содержание P_2O_5 в коре равно 8.0%. Профиль коры в соответствии с предложенной классификацией месторождений КВК (Лапин, Толстов, 1995) определён (Белов и др., 2008 и др.) как гидрослюдистый со средними содержаниями в апатит-пироксеновых рудах горизонтов гидрослюдистых охр и сыпучек 0.32% Nb_2O_5 и 9.0% P_2O_5 . В пределах развития полосы карбонатитов разведано Новополтавское редкометалльно-apatитовое месторождение. КВК и глубокие депрессии в карбонатитах перекрыты мощной (30–150 м) мезо-кайнозойской толщей осадочных пород. Кроме апатита, как основного концентратора фосфора в рудах массива, в КВК месторождения выявлена также крандаллитовая фаза фосфора (Погребной и др., 1977).

Профиль установленного в КВК ниобий-редкоземельного проявления тонкодисперсных вишнево-бурой окраски руд рыхлого сложения отличается интенсивной крандаллитовой минерализацией и отсутствием или содержанием на акцессорном уровне изменённого апатита в большей части 15-метровой колонки, начиная с верхней её части. и только в нижних интервалах опробования фиксируется существенное количество разрушенных зёрен минерала с образованиями вторичных фосфатов. В гранулометрическом составе руды резко преобладает шламовая (-0.05 мм) составляющая – 60–70% объёма. Доля относительно крупного класса (-2+1мм) занимает несколько процентов и лишь изредка достигает 8–13%. Распределение основных компонентов в 15-метровом рудном горизонте характеризуется такими показателями (от-до, среднее по данным 13-ти проб, %): 0.24–1.60 (0.87) Nb_2O_5 ; 0.003–0.087(0.033) Ta_2O_5 ; 0.55–9.46 (3.72) TR_2O_3 ; 2.00–15.23 (8.21) P_2O_5 . Несколько выше отмечаются содержания в 10-метровой части горизонта, где средние значения компонентов с той же последовательностью размещения достигают соответственно величин (%) 1.13; 0.048; 5.08; 9.87. Значительно выше показатели по одному из фрагментов колонки мощностью в 3м. Тантал-ниобиевая специализация данного типа руд определена зафиксированным в их составе колумбитом, а также возможным участием тонкодисперсных продуктов разрушения в условиях гипергенеза известных в карбонатитах Новополтавского месторождения минералов-концентраторов и носителей Nb и Ta. В балансе редкоземельной составляющей руд основной объём связан с крандаллитом. Незначительная часть TR связана с монацитом, небольшое количество которого, как в виде обычных зёрен, так и в различной степени изменённых, прослеживается по всей колонке. В некоторых интервалах зафиксированы повышенные содержания. В составе руд значительный объём занимают оксиды железа (гематитизированный магнетит) и гидроксиды железа. В форме микроконкреционных образований различной степени окисления по всему разрезу развит сидерит. В акцессорных или незначительных количествах содержатся также бадделеит, циркон, ильменит, барит, флюорит, пирит и др. Лёгкая фракция: каолинит, гидрослюды, разрушенные зёрна полевого шпата, кварц.

Материалы по данному крандаллитовому рудопроявлению, в сочетании с полученными ранее при изучении опорных колонок (скважин) о развитии крандаллитовой минерализации в апатитоносных КВК месторождения, явились основанием для выделения, наряду с апатитовым, также крандаллит-apatитового и крандаллитового минералогического типов (сортов) фосфатных руд и разработки способа оперативной их типизации (Погребной, 2011), предполагая при этом, что третий тип руд, даже при локальном развитии и невозможности применения уже разработанных для апатитовой руды КВК технологических схем, может вызвать, учитывая физические параметры руд и уровень содержаний в них полезных компонентов, практический интерес в плане применения технологий добычи (СГД) и гидрометаллургической переработки.

Данное рудопроявление рассматривается, наряду с гидрослюдистым типом, в качестве латеритного профиля КВК на Новополтавском массиве, что подтверждает определённое его сходство с Татарским-I(гидрослюдистый) и Татарским-II(латеритный). Вопросы генезиса данной рудной толщи, с учётом имеющихся представлений (Кузьмин 2009, 2012), открыты.

Террасо- и россыпеобразование в свете новых данных о строении и истории речных долин

Постоленко Г.А.

МГУ им. М.В.Ломоносова, gpostol@yandex.ru

*«...вопрос террасообразования в геологии россыпных месторождений является одним из главных и заслуживает особого исследования»
Н.А.Шило (2000)*

Известная к настоящему времени сложная мозаичность внутреннего строения долин: наличие погребенного аллювия, хронологические разрывы в террасовой лестнице наличие разновозрастного аллювия на одних и тех же относительных высотах, наличие и отсутствие рыхлого цоколя у одноименной террасы на разных участках долины и т.д., а также и разная степень преобразованности вмещаемого разными аллювиальными свитами полезного компонента весьма существенно отличаются от представлений о строении долин, существовавших тогда, когда вырабатывались основные постулаты об истории и геологии россыпей. В связи с этим некоторые положения геологии и геоморфологии россыпей могут быть рассмотрены с новых позиций.

Столь сложное строение долин – результат 2 причин: 1 – циклического развития эрозионного процесса, процесса террасообразования; и 2 – большой глубины долиной сети на границе эоплейстоцен-неоплейстоцен.

Цикличность эрозионного процесса обусловлена макроритмичностью развития природного процесса в позднем кайнозое (Постоленко, 1990; 2007). Периодичность её измеряется примерно 100 тысяч лет. Внутри макроритма закономерно изменяются климатические показатели, влекущие за собой изменение всей совокупности составляющих этого процесса. Флювиальный процесс и гидрологический режим изменяются таким образом, что эрозионный цикл делится на 2 фазы с противоположными трендами деятельности. 1 – врезание водотоков, углубление долин и формирование террасы из прежнего днища. 2 – седиментация аллювия, формирование и повышение днища долины с уничтожением фрагментов прежних террас. Индивидуальные природные показатели макроритмов и их длительности привели к различиям и в морфоседиментационных результатах эрозионной деятельности. Именно разнообразие результатов явилось причиной сложного пространственного взаимоотношения разновозрастных аллювиальных свит внутри долин и разнообразной степени сохранности аллювия разных этапов,

Глубокое положение ложа ранне-неоплейстоценового аллювия обеспечено предшествующей историей долин. Но именно благодаря такому ходу развития наиболее древний аллювий, ранне-неоплейстоценовый, оказался в погребенном состоянии. При этом, его положение в долине гипсометрически коррелирует с положением аллювия второй террасы. Самое глубокое положение в долинах занимает погребенный аллювий второй половины среднего неоплейстоцена. Его гипсометрический интервал охватывает положение современного днища долины, поймы, первой и, частично, второй террас. Размещение россыпей в хорошо разведанных долинах свидетельствует, что полезный компонент поступил в аллювий уже к началу неоплейстоцена, т.к. кроющий его аллювий не продуктивен, если сохранился в долине древний. Погребенный аллювий (двух возрастных генераций) представлял собой промежуточный коллектор для более молодых, позднее-неоплейстоценовых, вложенных или прислоненных, аллювиальных свит, образующих в современных долинах днище или низкие террасы. Это хорошо объясняет их высокую продуктивность. И возвращает к пониманию высокой роли кор выветривания в россыпеобразовании.

Литература

Шило Н.А. Учение о россыпях. М.2000. 632 с.

Постоленко Г.А. Палеогеографические и геоморфологические критерии стратиграфического расчленения четвертичного аллювия // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. М.: 1990. №59. С.39–47.

Постоленко Г.А. Две категории морфоседиментационной деятельности русловых потоков. Взаимодействие и результаты // Известия РАН. Сер. Географическая. 2007. №3. С.41–48.

Неогеновые золотоносные россыпи – новый перспективный тип россыпных месторождений Тувы

Прудников С.Г.

ТувИКОПР СО РАН, prudnikov_s@inbox.ru

Тува – один из старейших регионов старательской золотодобычи в Сибири. В результате интенсивной разработки четвертичных аллювиальных россыпей с 1848 г. основные месторождения региона практически оработаны, при этом коренные источники россыпей в большинстве случаев не установлены. В связи с этим в последние годы на повестку встал вопрос о поисках и освоении новых типов россыпных месторождений, в частности, резко возрос интерес к «древним» неогеновым россыпям. Исследования, проведенные автором в пределах Саяно-Тувинского нагорья, позволили выделить здесь неогеновую золотоносную эпоху россыпеобразования, ранее не известную в регионе, выявить ряд россыпей, относящихся к этой эпохе, выполнить их прогнозную оценку. Например, запасы золота в неогеновой россыпи Бажи-Хем по данным поисковых работ оцениваются в 700 кг (Прудников С.Г., 1993), в россыпи Шет-Хем – в 1000 кг (Чернышева О.Г., 1993). Древние неогеновые долины имели вид широких и достаточно глубоких речных долин, выполненных толщей неогенового (нижний плиоцен) сильно выветрелого аллювия с характерной желто-охристой окраской и большим содержанием хорошо окатанных галек. Сверху древнеаллювиальные отложения речных долин перекрыты переотложенными продуктами коры выветривания, представленными неогеновыми (верхний плиоцен) красноцветными плотными и вязкими глинами с горизонтами и линзами разнозернистого песка.

Автором выделены следующие основные морфогенетические типы россыпей, связанные с «древним» неогеновым рельефом: долинные россыпи погребенной неогеновой гидросети; долинные россыпи (погребенные, частично размытые), приуроченные к отрезкам-фрагментам древних неогеновых долин в пределах локальных внутригорных впадин; долинные россыпи поднятой гидросети; глубоко погребенные россыпи кор химического выветривания, древней неогеновой гидросети и педипленов в пределах приразломных впадин-грабенов.

Представителем древней гидросети первого типа является древняя неогеновая гидросеть, развитая в пределах Кызылской впадины. По данным бурения в ее пределах выделяется несколько неогеновых долин, дренирующих известные золотоносные районы Тувы: Теректыгский и Байсютский на севере, Элегест-Межегейский на юге. Кроме того установлена золотоносность юрских отложений в центральной части Кызылской впадины. Таким образом, в неогеновых отложениях древних долин возможны россыпи золота.

Участки древних долин, частично совпадающие с современными долинами распространены широко – в пределах блоков слабого опускания (погребенные, частично размытые) и частично – в пределах блоков слабого поднятия (частично размытые). Золотоносность их установлена. Россыпи известны в долинах рек Ожу, Бажи-Хем, Шет-Хем и др. Продуктивный разрез имеет следующие характерные особенности: золото в виде знаков и весовых содержаний рассеяно практически по всему разрезу рыхлых отложений. Промышленные его концентрации сосредоточены на нескольких интервалах. Нижний пласт приурочен к приплотиковому наиболее древнему (неогеновому) горизонту аллювия. Остальные – к горизонтам межформационных отложений, связанных с различными эрозионно-аккумулятивными циклами осадконакопления и являются надплотиковыми, "висячими". Каждый новый период активизации тектонических движений характеризовался активным вскрытием рудного вещества на склонах и его накоплением в долине сверху ранее образовавшихся толщ.

Древний рельеф в горных областях сохранился в пределах глыбовых менее расчлененных массивов, образованных поднимающимися тектоническими блоками и значительно удаленными от основных базисов эрозии. О потенциальной золотоносности их говорит приуроченность известных россыпей Элегест-Межегейского и Нарынского золотоносных районов к крупным фрагментам древних долин, поднятым на разную высоту.

Россыпи, относящиеся к неогеновой эпохе россыпеобразования обладают большой сложностью и разнообразием, они слабо изучены, перспективы их не оценены и не исчерпаны. Дальнейшее развитие золотодобывающей промышленности в Туве автор связывает с этим типом россыпей.

Опыт эффективных геолого-геохимических поисков попутной россыпной платинометалльной микроминерализации, генетически связанной с ультрамафитами

Разин Л.В.¹, Леснов Ф.П.²

¹*Институт платины РАН, Razinlv1936@Yandex.ru;*

²*Институт геологии и минералогии СО РАН, lesnovfp@list.ru*

Проведенными в последние десятилетия исследованиями установлено, что при промышленной обработке платиновых россыпных месторождений в их промышленные отвалы уходит преобладающая часть платинометалльных минеральных частиц мелкого класса (0.1–0.2 мм) и почти все микрочастицы благороднометалльных минералов. Между тем, на сегодня в России сконструированы и начали внедряться в поисково-разведочную и промышленно-добычную практику обогатительные приборы, улавливающие не только мелкие, но и микроскопические (до 1–2 мкм) выделения платинометалльных и золотых минералов. Поэтому стало очевидным, что ещё до начала промышленной обработки таких месторождений необходимо собрать возможно более полную информацию о размерности, концентрациях и составе мелких и микроскопических частиц минералов драгоценных металлов в подлежащем извлечению минеральном сырье.

В качестве примера подобного рода исследований, проведенных при геолого-поисковой оценке россыпных проявлений, можно указать на положительный опыт работ, которые выполнялись нами в 1992–1993 годах на хромитоносном Наранском мафит-ультрамафитовом массиве (Западная Монголия) (Леснов и др., 2012). Такие работы были проведены и на Баяннурском участке, который расположен на юго-западном фланге хромитоносного Агардагского ультрамафитового массива (Северная Монголия). Лабораторными исследованиями шлиховых проб, отобранных из шурфов (глубиной до 1.3 м), пройденных в обогащенных зёрнами хромшпинелидов прибрежных песчаных отложениях озера Баян-нур, под сканирующим электронным микроскопом Л.В.Агафоновым были обнаружены единичные зёрна рутениридосмина, ирийдосмина, изоферроплатины, самородного золота, аргентита, а в обломках хромититов, отобранных из конгломератов, обнажающихся вблизи от этого озера, выявлены единичные зёрна осмирида, ирийдосмина, рутениридосмина.

При детальном изучении нами «чёрных» шлихов этих шлиховых проб сцинтилляционным методом спектрального анализа впервые были обнаружены многочисленные микрочастицы платинометалльных минералов. Размер этих микрочастиц составил от 1–2 мкм до 22–28 мкм. Преобладающая часть их, имеющая размеры 2–4 мкм и 4–7 мкм, представлена существенно иридиевыми фазами. Второстепенными по относительной распространённости оказались палладиевые микрочастицы, которые прежде не обнаруживались. Важно подчеркнуть, что те микрочастицы платинометалльных минералов, которые были выявлены в «чёрных» шлихах проточных проб из обломков хромититов, также имели размеры 2–4 мкм.

Полученные результаты позволяют рекомендовать более широкое использование новейших обогатительных приборов и использованных нами специальных лабораторных методов на ранних стадиях поисково-оценочных исследований россыпной платинометалльной микроминерализации, содержащейся в рыхлых отложениях, которыми перекрыты хромитоносные массивы реститогенных ультрамафитов.

Литература

Леснов Ф.П., Разин Л.В., Киселёва О.Н. Закономерности распределения элементов платиновой группы, золота и серебра, а также гетерогенной благороднометалльной минерализации, генетически связанных с Наранским полигенным и полихронным хромитоносным мафит-ультрамафитовым массивом (Западная Монголия) // Изв. Секции наук о Земле РАН. 2012. Вып.22. С.52–71.

Разработка геолого-технологической модели Злобичского россыпного месторождения ильменита как основы для его освоения

Ремезова Е.А.¹, Свивальнева Т.В.², Криворучко А.А.³

¹ИГН НАН Украины, *remezova-e@mail.ru*; ²ИГН НАН Украины, *svilya@ukr.net*;
³Житомирский государственный технологический университет, *kraa@i.ua*

Злобичское месторождение ильменита (Волинский титаноносный район Украины) является россыпью аллювиально-элювиального генезиса. В строении продуктивного пласта принимают участие кора выветривания основных пород мезозой-кайнозоя, песчаные отложения от нижнемеловых до верхнечетвертичных. В настоящее время это месторождение планируется к разработке. В связи с этим нами с помощью современных информационно-компьютерных технологий и ГИС систем создана геолого-технологическая модель, на основе которой возможно оценить основные горнопромышленные показатели россыпи.

Созданная нами модель базируется на изучении геологического строения, структур месторождения, отраженных в структурно-литологических моделях (Хрущов, 2010) и дополненных данными вещественного состава пород и руд (Ремезова, 2003). Важными показателями, использованными при построении элементов модели, являются литологический состав пород, мощность пласта, отметки подошвы и кровли, содержание ильменита и циркона, TiO_2 и вредных примесей в ильмените (Cr_2O_3 , P_2O_5 при переработке концентрата на пигменты по сульфатной технологии), сидерита – в коре выветривания.

На основе анализа полученной модели нами сделаны следующие выводы. Содержание ильменита в палеоген-неогеновых отложениях неравномерное как по разрезу, так и в плане. По разрезу его максимальные концентрации приурочены к нижней части толщи, а в плане – к западинам в рельефе поймы, оврагам (преимущественно центральная и восточная части россыпи). Наиболее крупный по размеру ильменит наблюдается в крупнозернистых песках в центральной и восточной частях россыпи. В целом литолого-фациальные условия осадконакопления на протяжении около 60 млн. лет обусловили неравномерный, струйный, линзообразный характер распределения ильменита в этих отложениях, которые составляют до 80% объема продуктивного пласта в россыпи. Наиболее измененный (лейкоксенизированный) ильменит следует ожидать в пределах древних озерообразных впадин (южная часть россыпи), днища Злобичской палеодолины (центральная часть) и мест впадения притоков в нее (западная часть россыпи), иногда – на склонах долины, что связано с формированием террасовых россыпей. Аномальные значения измененности ильменита прослеживаются в северо-западном направлении в связи простиранием тектонических структур. Наименее изменен ильменит в современных аллювиальных отложениях р. Ирши и ее притоков.

Измененность ильменита влияет на извлечение его в концентрат. Например, при содержании TiO_2 62% извлечение составляет 67%, при содержании 50% соответственно растет до 90%, то есть значительная часть потерь в гравитационном цикле приходится на очень измененный ильменит ($TiO_2 > 59\%$), поскольку изменяется плотность ильменита (от 4.15 г/см^3 в очень лейкоксенизированных ильменитах до 4.61 г/см^3 в «чистых»). То есть при отработке месторождения следует учесть характер измененности ильменита и соответствие его известным маркам концентратов. Сидерит(вредная примесь) в коре выветривания распределен неравномерно: от знаков до $50\text{--}80 \text{ кг/м}^3$. Распределение сидерита является сложным и зависит от гидродинамических и окислительно-восстановительных условий при корообразовании.

На основе анализа литологического состава выделены участки разной сложности разработке пород гидромониторами и транспортированием землесосами, что будет учтено при организации добычных работ. Построена поблочная модель месторождения (всего 200 подмоделей). Геолого-технологическая модель россыпи позволяет оценить качество полезного ископаемого и выбрать рациональную систему отработки.

Литература

Ремезова О.О. Деякі проблеми дослідження родовищ ільменіту в межах Волинського титаноносного району з метою їх раціонального і комплексного використання // Науковий вісник Національного гірничого університету. 2003. №9. С.33–35.

Хрущов Д.П., Лобасов А.П., Гейченко М.В., Ковальчук М.С., Ремезова Е.А., Босевская Л.П., Кирпач Ю.В., Степанюк А.В. Структурно-литологические модели перспективных осадочных формаций // Мінеральні ресурси України. 2010. №4. С.39–44.

К вопросу об элювиальных золотоносных россыпях

Росляков Н.А., Жмодик С.М.

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, ros1@igm.nsc.ru

Понятие термина «элювиальная россыпь» было дано Ю.А. Билибиным (1938). Согласно его определению – «Элювиальная россыпь» залегает на месте своего образования вследствие разрушения и разрыхления верхних частей коренного месторождения». В.И. Смирнов (1982) выделил с одной стороны месторождения кор выветривания (месторождения золота в латеритах Австралии и Гвианы), а с другой – небогатые и обогащенные элювиальные россыпи, «представляющие собой развалы вещества полезного ископаемого среди обломочного покрова коренных пород», в большей или меньшей степени подвергшиеся воздействию растворов, с механическим выносом или растворением безрудного материала. Если В.И.Смирнов разделял эти два типа элювиального оруденения золота, то в дальнейшем, при разработке методов поисков и разведки месторождений оценка стала проводиться по единому главному параметру – грамм на метр кубический, что подразумевает, прежде всего, технологию извлечения полезного компонента, а именно, гравитационную. Николай Алексеевич Шило (2002) в своей генетической классификации россыпей к «элювиальной россыпи» относит топографически не смещенные рыхлые образования, заключающие то или иное количество рудных минералов; россыпи повторяют на поверхности пространственное положение россыпеобразующих рудных формаций. Они, по мнению этого учёного классифицируются как коры химического выветривания или как «псевдоэлювиальные россыпи». Это понятие мало изменилось до настоящего времени, что нашло свое отражение в Российской геологической энциклопедии (2012).

С течением времени был обоснован и обнаружен новый, так называемый нетрадиционный тип золотого оруденения в корах выветривания (Росляков, 1981), для которого характерной особенностью является морфологическое строение и наличие, главным образом, тонкодисперсного золота, не извлекаемого гравитационными методами, а требующего иных технологий переработки.

В конце семидесятых годов прошлого столетия большое внимание геологов привлекли рудоносные, в первую очередь, золотоносные, коры химического выветривания. В настоящее время ассоциация месторождений и проявлений золотоносных кор выветривания образует самостоятельный промышленно-генетический тип экзогенных месторождений золота, эквивалентных в геологическом отношении самостоятельной экзогенной золоторудной формации (Калинин и др., 2006). По генетической сути они идентичны «элювиальным россыпям», но между ними существуют принципиальные технологические различия.

«Элювиальные россыпи» разведываются и их запасы подсчитываются по традиционно сложившейся россыпной технологии, ориентированной на гравитационное извлечение россыпеобразующего металла. В «элювиальных россыпях» ряда золоторудных районов Салаира, Кузнецкого Алатау Енисейского кряжа, Забайкалья существенная часть тонкого золота теряется, тем самым искажаются его истинные запасы. Разведка золотоносных кор выветривания осуществляется по схеме рудных месторождений. В бороздовых пробах определяется валовое содержание золота. Подготовленные запасы извлекаются современными методами выщелачивания, включая биовыщелачивание.

Полагаем, что необходимо разработать руководящие документы по современной разведке и промышленной оценке минерального сырья в «элювиальных россыпях», как это делается при освоении кор химического выветривания.

Литература

- Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М.-Л.: ГОНТИ НКТП СССР, 1938.
Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Прудников С.Г. Золотоносные коры выветривания Юга Сибири. Новосибирск: Академическое изд. «Гео», 2006.
Российская геологическая энциклопедия. М.- С.-П.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012.
Росляков Н.А. Геохимия золота в зоне гипергенеза. Новосибирск: Наука, 1981. 239 с.
Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: «Недра», 1982.
Шило Н.А. Учение о россыпях. Владивосток: «Дальнаука». 2002.

Фациальные обстановки накопления рыхлых осадочных руд Бакчарского месторождения (Томская область)

Рудмин М.А.

НИ ТПУ, rudminma@yandex.ru

Бакчарское месторождение располагается в 204 км на северо-запад от г. Томска. Объект был открыт в середине прошлого века, но из-за горнотехнических условий его отработка оказалась не рентабельной и интерес к железным рудам Томской области со временем пропал. В связи с развитием в последнее время метода скважинной гидродобычи (СГД) выявились новые перспективы на разработку верхнемеловых руд Бакчарского месторождения. Из известных природных типов железных осадочных руд эффективными для данного способа добычи являются рыхлые руды, для которых установление фациальной обстановки накопления в настоящее время является актуальной задачей. В целях выяснения закономерностей распределения железных руд Бакчарского месторождения автор выполнял комплексный анализ ранее опубликованных работ предшественников (Западно-Сибирский..., 1964), стратиграфических колонок скважин и разрезов в сопровождении с оптическими исследованиями образцов железных руд. В результате были построены фациальные схемы (рис.1) определенных этапов развития рудных горизонтов (нарымского, колпашевского, бакчарского).

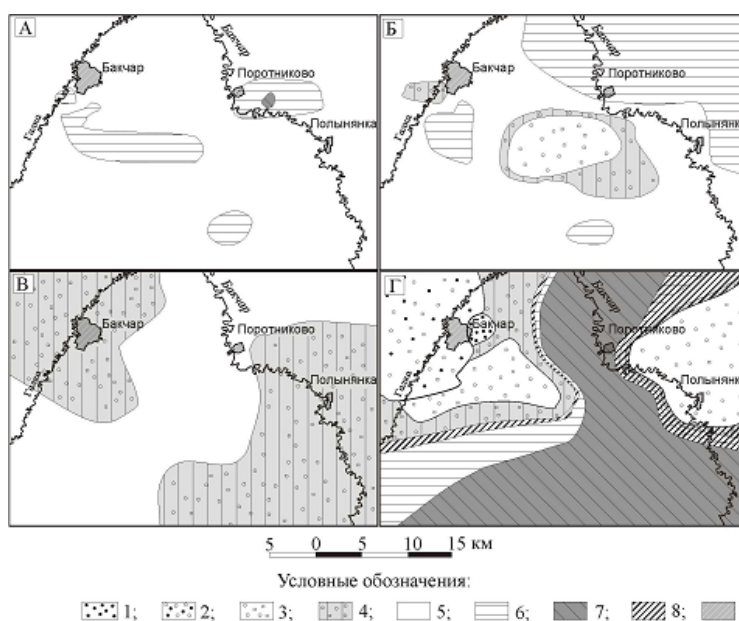


Рис.1. Фациальные схемы осадочных отложений Бакчарского месторождения. А - кровля ипатовской свиты; Б - подошва ганькинской свиты; В - кровля ганькинской свиты; Г - подошва люллинворской свиты. 1–5 - группа прибрежных фаций внутреннего шельфа (3 - фация оолитовых песков); 6–7 - группа открыто-морских фаций внешнего шельфа; 8 - предполагаемые фации; 9 - контур населенного пункта.

Рыхлые, оолитовые, гетит-гидрогетитовые руды с базальным гидрогетитовым цементом приурочены к фации оолитовых песков, которая относится к группе прибрежных фаций литорали равнинного берега (Вылцан, 2002). Фация оолитовых песков имеет наибольшее распространение в период формирования подошвы люллинворской свиты (бакчарский горизонт), покрывает около 32% площади лицензионного участка и не значительным распространением в подошве ганькинской свиты (колпашевский горизонт). Оконтурирование площади распространения фациальной обстановки благоприятной для накопления рыхлых железных руд имеет важное практическое значение и может использоваться для прогнозирования новых объектов, перспективных на освоение методом СГД.

Литература

Вылцан И.А. Фации и формации осадочных пород: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2002. 484 с.

Западно-Сибирский железорудный бассейн / Под ред. Ф.Н.Шахова. Новосибирск: СО РАН СССР, 1964.

Генетические типы россыпей осадочного чехла Воронежской антеклизы

Савко А.Д.

Воронежский госуниверситет, asavko@geol.vsu.ru

Осадочный чехол Воронежской антеклизы, расположенной в центральной части Восточно-Европейской платформы, сложен образованиями палеозоя и мезокайнозоя мощностью от первых до 700–800 м и на разных уровнях разреза своей территории вмещает россыпи меняющегося состава и генезиса (Савко и др. 2012; и ссылки в ней). Выделяются титановые, цирконий-титановые, цирконий-титан-фосфатные россыпи. Первые из них связаны с вулканогенно-осадочными образованиями нижнего франа на юго-востоке антеклизы, вторые преобладают в большинстве разновозрастных россыпей, третьи известны только для нижнекампанских тонкозернистых песков её северо-запада. Цирконий-титановые россыпи имеются в среднефранских, баррем-аптских, сеноман-сантонских, олигоцен-миоценовых образованиях.

Минеральный состав вмещающих россыпи пород определяется составом приносимого из источников сноса материала, гидродинамикой и химико-физическими условиями среды осадконакопления, характером эпигенетических процессов (Шило, 2002). Для нижнефранских отложений определяющее значение имеет вулканогенная деятельность и вулканы вмещающих пород. Среднефранские, баррем-аптские и олигоцен-миоценовые россыпи находятся преимущественно в кварцевых, сеноман-сантонские и нижнекампанские – в глауконит-кварцевых песках. Последние могут рассматриваться как сырьё на глауконит, что значительно повышает рентабельность разработки основных полезных компонентов.

В территориальном отношении россыпи тяготеют к краевым частям антеклизы. На юго-востоке расположены нижнефранские россыпи, на юго-западе – олигоцен-миоценовые, на северо-западе – нижнекампанские, на севере – баррем-аптские, на северо-востоке сеноман-сантонские. Масштабы и запасы россыпей очень различны. Если месторождение Центральное в Тамбовской области одно из самых крупных в Мире, то остальные, судя по содержанию полезных компонентов и мощностям, в будущем могут рассматриваться как мелкие и средние.

По отношению к источникам сноса россыпи относятся с таковым дальнего переноса с формированием через промежуточные коллекторы. Исключение составляют морские титановые россыпи нового генетического типа, встреченные пока только на территории Воронежской антеклизы и связанные с расположенными поблизости вулканическими аппаратами, по удалению от которых содержание ильменита, падает, как и вулканогенного материала.

По фаціальным особенностям выделяются литоральные (пляжевые, прибрежно-морские) и сублиторальные (мелководно-морские) россыпи. Они довольно четко различаются по структурно-текстурным и вещественным признакам. Первые залегают в линзах или пластах песков с меняющейся мощностью, имеющих преимущественно кварцевый состав, разнонаправленную косую, реже пологую, линзовидную или пloyчатую слоистость, формировались в условиях активной гидродинамической активности и окислительной среды. Для вторых характерны пластовое залегание, значительные мощности по сравнению с мощностями прибрежно-морских россыпей, глауконит-кварцевый или фосфат-глауконит-кварцевый состав, нередко нарушенная биотурбированием слоистость, окислительно-восстановительные условия образования, приводившие к образованию глауконита.

На минералы россыпей могут быть наложены эпигенетические процессы. Для прибрежно-морских россыпей это лейкоксенизация ильменита, разложение неустойчивых минералов (полевых шпатов, эпидота, хлоритов), для мелководно-морских – фосфатизация зерен тяжелых минералов и кварца. Особенно далеко этот процесс зашел при формировании Унечского месторождения на северо-западе антеклизы, где сформировались цирконий-титан-фосфатные россыпи нижнего кампана.

Литература

Савко А.Д., Звонарёв А.Е., Иванов Д.А. Циркониево-титановые россыпи Воронежской антеклизы: типы, эпохи и факторы формирования, прогноз // Геол. рудных месторожд. Т.54 №1, 2012. С.71–94.

Шило Н.А. Учение о россыпях. Владивосток: Дальнаука, 2002.

Проблема унаследованности минеральных ассоциаций россыпей Воронежской антеклизы: исследование уникального донского разреза Осетровка

Савко А.Д., Шевырёв Л.Т., Ильяш В.В.

Воронежский госуниверситет, savko@geol.vsu.ru, shevpp@yandex.ru

Чтобы исследовать преемственность минеральных ассоциаций разновозрастных коллекторов Воронежской антеклизы (включают золото и спутники алмазов), детально опробован комплекс обнажений у с. Осетровка на р. Дон (Верхнемамонский район Воронежской области), где выходят на дневную поверхность породы мамонской толщи девона, сеномана и флювиогляциальные отложения (пробы массой по 0.5 т). Уникальность разреза заключается в том, что все разновозрастные толщи сложены однотипными породами – гравийно-галечным материалом с разнозернистым песком и глиной, что повышает достоверность выводов. В девонских континентальных отложениях мамонской толщи $D_3\text{mт}$ тяжелая электромагнитная фракция класса -1.0 мм представлена (95%) ильменитом, ставролитом (около 4%), метамиктным цирконом (около 2%), турмалином (0.3%), рутилом (единичные зерна), и очень редкими зернами гранатов, кроме того, встречены единичные зерна хромдиоксида. По химическому составу изученных ильменитов мамонской толщи присутствуют две разновидности. Количественно преобладает марганецсодержащая (манганоильменит), и менее распространена магнийсодержащая – пикроильменит. Содержания оксида марганца в зернах первой разновидности от 0.5 до 2.23%, а оксида магния во второй чуть более 5%. Эти разновидности заметно отличаются соотношениями и других компонентов. Пикроильмениты более железисты, в них больше Al, меньше Ti. По соотношению оксидов Mg, Ti, Cr пикроильмениты мамонской толщи близки таковым из эклогитовых ксенолитов трубки Мир. Гранаты встречаются в мамонской толще чрезвычайно редко. Представлены оскольчатыми прозрачными зернами розовато-красноватой окраски, по оптическим свойствам отвечающим альмандину. Мы располагаем рентгеноспектральными анализами лишь двух зерен. По химическому составу оба зерна соответствуют альмандиновому ряду с доминированием альмандинового минерала. Важные особенности электромагнитной фракции отложений мамонской толщи $D_3\text{mт}$: 1 – полное отсутствие хромитов и магнетита; 2 – преимущественно “местный” состав минералов, практическое отсутствие окатанных частиц дальнего сноса. Неэлектромагнитная фракция состоит преимущественно из циркона (90%), присутствуют рутил (6%), лейкоксен (3%), дистен (0.3%), апатит (0.05%), корунд, золото. Особенности циркона позволили узнать немало о толщах, размываемых в позднем девоне. Минеральный состав тяжелой фракции сеноманского коллектора K_2s существенно более разнообразен по сравнению с мамонскими отложениями. В сеноманских породах больше циркона, граната (которого в $D_3\text{mт}$ почти нет), появляется хромит. Ильмениты в сеноманской части имеют более высокие значения MgO (в среднем близки 7%), они менее титанистые, более железистые, низкохромистые. Хромшпинелиды отличны от мамонских. В них до 6% Al_2O_3 , 10% MgO, 5.75–6.00% TiO_2 , 36–37% FeO, 30–32% Cr_2O_3 . Флювиогляциальные пески f Q_{1ds} имеют во многом иной минеральный состав. В электромагнитной фракции (-1.0 мм) обнаружены: ильменит (и пикроильменит) – 92%, гранат – 3%, хромиты – 0.5%, эпидот – 0.2%, турмалин – 1.0%, апатит (е.з.), циркон (е.з.). Многократно возрастает роль гранатов, хромитов, турмалина, которых в девонских породах практически нет, а в сеноманских – ничтожно мало. Только дистена в 40 раз больше сравнительно с сеноманскими галечниками. Второе отличие – увеличение доли окатанных минералов, их степени окатанности. Основной вывод: высокая преемственность минерального состава тяжелой фракции отмечается только для девонских и сеноманских отложений, связанных единством площади сноса – сводом Воронежской антеклизы. Нижнеплейстоценовый флювиогляциал Донского языка резко обогащен чуждым для региона материалом. Обосновано представление: минеральные ассоциации тяжелой фракции осадочных толщ оказываются тонким показателем, характеризующим источники сноса и весь спектр размываемых толщ, только в том случае, их изучение идет не на уровне простого фиксирования присутствия и соотношений минеральных видов, а на изучении типоморфизма и онтогении минералов, связь которых с отдельными комплексами пород доказана. Такими для осадочного чехла Воронежской антеклизы названы цирконы, гранаты, ильмениты (пикроильмениты).

Минералогия золота из россыпных проявлений р. Ольховая 1-я (Камчатский Мыс, Восточная Камчатка)

Сандиминова Е.И.¹, Ибрагимова Э.К.², Сидоров Е.Г.¹, Чубаров В.М.¹,
Антонов А.В.²

¹ИВУС ДВО РАН, *mineral@kscnet.ru*; ²ВСЕГЕИ, *elvira_ibragimova@vsegei.ru*

Шлиховые ореолы и россыпное месторождение золота и металлов платиновой группы (МПГ) реки Ольховая 1-я, пространственно приурочены к крупному гипербазитовому массиву в центральной части полуострова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка). К настоящему времени хорошо изучена ассоциация минералов МПГ, которая по своим минералого-геохимическим особенностям относится к типичным представителям ассоциаций, связанных с офиолитовыми комплексами (Tolstykh et al., 2009). Несмотря на количественное преобладание золота над минералами МПГ во всех шлиховых пробах, его детальным минералогическим исследованиям до настоящего времени не проводилось, и вопрос о коренных источниках поступления золота в россыпи не поднимался.

В результате минералогических исследований выявлено два типа золота, первый из которых представлен его серебристой разновидностью, а второй – медистой.

Серебристое золото образует золотины яркого золотисто-жёлтого цвета, содержание Ag 10–30 мас.%, в редких случаях достигает 30–40. Для него характерно однородное внутреннее строение и каймы высокопробного золота (Ag до 5 мас. %). Чаще всего серебристое золото находится в сростании с альбитом – от небольших включений альбита в золоте до альбитовых агрегатов с прожилками и тонкой вкрапленностью в них золота. Золото в сростках с альбитом неокатано или слабо окатано, имеет рудный облик. Помимо альбита в тесном сростании с серебристым золотом установлены и другие минералы: плагиоклазы (лабрадор, андезин, олигоклаз); калиевый полевой шпат (ортоклаз); амфиболы (магнезиальная роговая обманка, актинолит, редко щелочной амфибол); очень часто – хлориты (клинохлор, пеннин), серпентин; редко – оливин (Fo₈₄₋₉₂); пироксены (диопсид, геденберgit, авгит, эгирин); эпидот; пренит; кварц; магнетит; титаномагнетит; рутил; сфен.

Медистое золото представлено золотинами красноватого медистого цвета, которое часто встречается во фракциях более 0.25 мм. Золотины имеют сложное внутреннее строение и представляют собой бинарный сплав состава Au-Ag и Au-Cu. Система Au-Ag представлена высокопробным золотом (до 94 мас.% Au), серебристым золотом (20–30 мас.% Ag), электрумом (30–70 мас.% Ag), реже кюстелитом (70–80 мас.% Ag). Система Au-Cu представлена в основном двумя минералами – аурикуридом AuCu₃ и купроауридом AuCu, редко встречается минерал Au₃Cu. В сростании с медистым золотом установлены следующие силикатные минералы: плагиоклазы (андезин, олигоклаз); актинолит; серпентин; пироксены диопсид-геденбергитового ряда; кварц; гранаты гроссуляр-андрадитового ряда, фторapatит. Пироксены и гранаты имеют зональное строение, что характерно для родингитов (Антонов, 2003; Селиверстов, Осипенко, 1999).

Установленные в золотилах минеральные ассоциации указывают на то, что оно генетически связано с метасоматически изменёнными гипербазитовыми породами – клинопироксен-гранатовыми родингитами (медистое золото) и альбитовыми жилами (серебристое золото) гипербазитового массива Камчатского Мыса. Вероятно, наиболее богатыми по содержанию золота могут быть альбитовые жилы, так как именно золото-альбитовые сростки количественно преобладают в россыпи р. Ольховая 1-я. Учитывая рудный облик золотин, дальность их сноса небольшая.

Литература

Антонов А.А. Минералогия родингитов Баженовского гипербазитового массива. Санкт-Петербург: Наука, 2003. 128 с.

Селиверстов В.А., Осипенко А.Б. Петрология родингитов Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 1999. 156 с.

Tolstykh N., Sidorov E., Kozlov A. Platinum group minerals from the Olkhovaya-1 placer related to the Karaginsky ophiolite complex, the Kamchatskiy Mys peninsula, Russia // Canadian Mineralogist. 2009. V.47. №4. P.793–811.

Геоморфологический метод прогноза погребенных месторождений аллювиального генезиса

Семенов Ф.В.

ФГУП ЦНИИгеолнеруд

Геоморфологический метод может быть использован в геологии при поисках месторождений аллювиального генезиса. В этом методе применяются морфометрические карты, построенные по методу В.П.Философова (1975) и программное обеспечение для проведения геоморфологического и гидрологического анализа цифровых моделей рельефа, разработанное Дж.Линдсеем (2005). Ключевое значение в нем имеет реконструкция основных черт палеорельефа на основании математического моделирования и построение древней речной сети.

В работе принимаются следующие гипотетические допущения: 1) образование долин 1-го порядка соответствует голоцену, образование долин 2-го порядка – неоплейстоцену, 3-го порядка – эоплейстоцену; 2) разница между базисными поверхностями различного порядка принимается за суммарную амплитуду неотектонических движений за определенный период; 3) вершинные поверхности в соответствии с принятым в п.1 порядке выражают рельеф соответствующего возраста без эрозионно-денудационного врезов определенного порядка.

На первом этапе проводится гидрологический и геоморфологический анализ современного рельефа, при котором выделяется дренажная сеть и строится иерархия по Штраллеру-Хортону. Затем, согласно методике В.П.Философова строятся карты водотоков (базисных поверхностей) и водоразделов (вершинных поверхностей) различного порядка. Карты водотоков строятся только по водотокам одного порядка, исключая все другие порядки (карты моноизобазит), а водоразделов для определенного порядка и более высших порядков (карты полиизогипсобазит).

На втором этапе определяется амплитуда тектонического движения за период от реконструкции палеогидрографической сети до современного времени. За исходную карту палеорельефа рассматриваемого периода принимается соответствующая карта вершинной поверхности (см. выше).

Третий этап – восстановление тектонической обстановки, которая достигается вычитанием амплитуды тектонических движений из высот карты соответствующей вершинной поверхности.

Четвертый этап – геоморфологический и гидрологический анализ палеорельефа, при котором строится палеогидрографическая сеть.

Пятый этап – сопоставление карты палеогидрографической сети с геологическими картами. Здесь, выделяются участки пересечения палеоводотоков с рудными полями и ниже их по течению, строится продольный профиль водотока, на котором выделяются перепады уклона на выделенных участках. Это позволяет восстановить основные этапы разрушения коренных источников россыпей, транспортировки полезного компонента водными потоками и последующую его концентрацию. Выделенные участки сопоставляются с современным рельефом, наиболее интересными являются участки, совпадающие с возвышенностями (т.к. на них наибольший денудационный срез и наименьшие мощности перекрывающих пород), и совпадающие с современной дренажной сетью (наименьшие мощности перекрывающих пород, в связи с эрозионными процессами).

Литература

Lindsay, John B. The Terrain Analysis System: a tool for hydro-geomorphic applications. Hydrological Processes. Vol.19. Issue 5. 2005. Pp.1123–1130.

Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов: Издательство Саратовского университета, 1960. 93 с.

Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Изд-во Саратов. ун-та, 1975. 232 с.

Роль академика Н.А. Шило в развитии минерально-сырьевой базы Камчатского края

Сидоров Е.Г.¹, Козлов А.П.²

¹ИВуС ДВО РАН, mineral@kscnet.ru, ²ИПКОН РАН, kozap@mail.ru

Имя академика Н.А. Шило неразрывно связано с историческим процессом формирования минерально-сырьевой базы Камчатского края. Созданные им научные основы прогнозирования и поиска месторождений золота нашли свое отражение в открытии крупных месторождений золота в Камчатском крае, часть которых уже успешно разрабатывается, а остальные могут быть освоены в ближайшей перспективе. Однако, есть еще два важных и интересных направления, которые были близки этому выдающемуся ученому – алмазы и платина.

В пределах Камчатского края неоднократно предпринимались попытки поисков алмазов некимберлитового генезиса. В сороковых-пятидесятых годах прошлого столетия здесь работали три геологические партии, задачами которых были поиски алмазов в пределах развития базит-гипербазитовых комплексов. Попытки были неудачны, полные трагических событий.

Проблема происхождения и наличия некимберлитовых алмазов является спорной, с крайними и категоричными точками зрения, и, в ее решении была нужна значительная авторитетная поддержка, которую всегда оказывал Н.А.Шило. В семидесятых годах Ф.Ш. Кутыевым и Г.В. Кутыевой были установлены алмазы в базальтах Ичинской вулканоструктуры. Активно проводились специализированные работы в ПГО «Камчатгеология» и Институте вулканологии ДВО РАН под руководством А.И.Байкова и Ф.Ш. Кутыева. Николай Алексеевич постоянно поддерживал эти исследования и результатом явились находки обломков кристаллов алмазов в гипербазитах Срединного и Ганальского хребтов. В 1979 г. в Докл. АН СССР была опубликована статья Н.А.Шило, Ф.В.Каминский, Л.Д.Лаврова и др. «Первая находка алмазов в ультрамафитах Камчатки». Дальнейшие исследования привели к подтверждению находок алмазов в базальтах Ичинской вулканоструктуры, обнаружению карбонадо и к уникальным находкам алмазов в базальтах трещинного извержения Толбачика 2012 года. Хотя все эти находки пока не представляют экономической значимости, но вносят большой вклад в понимание генезиса уникального по своим свойствам минерала-алмаза, и в этом несомненная заслуга и Н.А.Шило.

Второй важной тематикой была платиноносность Дальнего Востока. На совещании по развитию производительных сил Камчатской области до 1980 года, которое проходило в Петропавловск-Камчатском 12–14 июня 1968 года, Н.А.Шило и С.М.Тильман представили доклад «Перспективы платиноносности Северо-Востока СССР», в котором была поставлена проблема перспектив платиноносности районов Северо-Востока России и в первую очередь россыпной. Ими сделан вывод о том, что "промышленные россыпи платины пока не известны, хотя с геоморфологических позиций вся эта область должна рассматриваться как вполне благоприятная для образования аллювиальных месторождений" (Шило, Тильман, 1970).

В 1984 году в ДВО РАН создается Межведомственное научно-производственное объединение «Платина», председателем которого становится Н.А. Шило. Это объединение собрало в свои ряды всех ученых и геологов производственных организаций Дальнего Востока, а так же авторитетных ученых центральных районов, которые занимались проблемами платиноносности. С созданием этого объединения активизировались работы по платиноносности не только на Дальнем Востоке, но и во всей стране. В Петропавловске-Камчатском (1985 г.) проведено совещание «Состояние и перспективы развития методов определения благородных металлов в сырье Дальнего Востока» с участием ведущих специалистов-аналитиков страны. На Камчатке была организована аналитическая служба, оснащенная современными приборами для определения содержания элементов платиновой группы. Венцом деятельности МЦНПО «Платина» явился научное обоснование и прогноз, который привел к открытию богатейших россыпных месторождений платины в Коряки, разработка которых привела к тому, что регион длительное время занимал первое место в России по масштабам добычи россыпной платины.

Н.А.Шило, следуя лучшим традициям Академии наук, всегда придерживался принципа единства теории и практики, постоянно выступая за тесное сотрудничество академической науки с производством во благо Отечества. В настоящее время, Камчатский край представляет собой новую динамично развивающуюся горнорудную провинцию России, в формировании которой Н.А.Шило сыграл заметную роль. И об этом нельзя забывать.

Россыпные месторождения золота Мякит-Хурчанского рудно-россыпного узла: геология и генезис

Соломенцева Л.А.

СВКНИИ ДВО РАН, SolomenL@neisri.ru

Мякит-Хурчанский рудно-россыпной узел является составной частью Хурчан-Оротуканской золотоносной зоны и располагается на участке юго-восточного замыкания Яно-Колымской складчатой области вблизи ее границы с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом. В работе рассматриваются мелкие, средние и крупные россыпные месторождения золота в нижней части бассейна р. Мякит (россыпи руч. Кункуй, Плацдарм, 14-я Верста, Забытый и Берентал), приуроченные к Берентальской интрузивно-купольной структуре, центром которой является северный выход Мякитского гранитоидного штока раннемелового возраста.

Рельеф в районе рассматриваемых россыпей представляет собой расчлененное низкогорье. Относительные превышения поверхности водоразделов над днищами долин составляет до первых сотен метров. Долины исследуемых ручьев выработаны среди осадочных пород триасового возраста: глинистых, песчано-глинистых сланцев, алевролитов и песчаников. Хорошо разработаны, в поперечном сечении корытообразной формы с ассиметричными склонами, при слабом развитии террасовых уровней. Продольный профиль долин характеризуется пологими уступами от истоков к устью. Поверхность коренного ложа долин, как в поперечном, так и в продольном разрезе неровная с многочисленными глубокими западинами и провалами.

Рыхлые отложения, выполняющие речные долины представлены, главным образом, плохосортированным аллювием, сложенным слабоокатанной галькой, щебнем с суглинистым (супесчаным) заполнителем и небольшим количеством валунов. Он залегает на разрушенных коренных породах (реликты линейной коры выветривания) и у бортов перекрывается делювиально-солифлюкционными образованиями.

Россыпи представляют собой ленточные залежи, приуроченные к пойменной части долин ручьев, иногда к террасам 10–15 метрового уровня. Распределение линейных запасов золота по россыпи неравномерное имеет пиковый, полимодальный характер. Они состоят из серий элементарных россыпей (богатых блоков), соединяющихся между собой слабо золотоносными участками. Распределение золота в элементарных россыпях имеют гнездовый или струйчатый характер. Литологически золотоносный пласт не всегда явно выражен, наиболее часто он приурочен к реликтам коры выветривания, проникая в разрушенные коренные породы на глубину до нескольких метров. Мощность пласта на таких участках достигает 4.4 м.

Месторождения характеризуются очень мелким золотом (средняя крупность металла в них варьирует от 0.86 до 1.44 мм). Морфологический состав золота по простиранию россыпей очень сильно меняется, отражая разнотипность источников (до настоящего времени не установлены) их питания. В большинстве случаев в них устанавливается преобладание комковидно-уплощенных и комковидных форм с остроугольно-угловатыми очертаниями массивной и бугорчато-ямчатой поверхностью. На отдельных участках преобладающими являются комковидные и пластинчатые разности с остроугольно-угловатыми очертаниями и шагреново-ямчатой поверхностью. Золото в россыпях преимущественно слабоокатанное с частично обмятыми отдельными выступами. Доля неокатанного и слабоокатанного золота по месторождениям составляет до 60%. Золото рудного облика, встречаются на всем протяжении россыпей. Пробность золота в россыпях варьирует от 386 до 990‰. Средняя проба в месторождении р. Мякит составляет – 710‰, руч. Кункуй – 696‰, Плацдарм – 708‰, 14-я Верста – 632‰, Берентал – 627‰ и руч. Забытый – 708‰. Самородное золото интенсивно гипергенно преобразовано, доля таких золотин достигает 83%. Широким распространением в россыпных месторождениях района пользуются гипергенные новообразования золота. Отдельные золотины из россыпей имеют морфологию типичную для золота из кор выветривания.

Приуроченность россыпей преимущественно к реликтам линейных кор выветривания на участках их максимального развития, слабая обработка золота и интенсивная гипергенная его преобразованность, преобладание в тяжелой фракции гидроксидов железа и наличие новообразований самородной меди, серебра и золота, указывают, на ведущую роль процессов химического выветривания в формировании рассматриваемых россыпей. Они сформировались в результате преобразования остаточных россыпей кор выветривания при частичном сохранении их фрагментов. В целом генезис исследованных россыпей района можно охарактеризовать как остаточно-аллювиальный.

Источники питания россыпей золота Нижне-Мякитского россыпного поля (Северо-Восток России)

Соломенцева Л.А., Литвиненко И.С.

СВКНИИ ДВО РАН, solomenl@neisri.ru, litvinenko@neisri.ru

Нижне-Мякитское россыпное поле входит в состав Мякит-Хурчанский рудно-россыпного узла, расположенного на юго-восточном фланге Главного Колымского золотоносного пояса, вблизи границы Яно-Колымской складчатой области с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом.

Нижне-Мякитское россыпное (известные рудные проявления на данном участке бассейна р. Мякит представляют собой лишь точки минерализации) поле включает в себе обособленную группу россыпных месторождений в нижнем течении р. Мякит. В нее помимо россыпи р. Мякит входят россыпи руч. Кункуй, Плацдарм, 14-я Верста, Забытый, Берентал. Они характеризуются мелким (средний диаметр 0.86–1.44 мм) очень низкопробным золотом.

По данным микрозондового анализа достаточно определенно выделяются четыре генерации золота: весьманизкопробная (350–550‰), низкопробная (550–700‰), среднекопробная-умереннонизкопробная (700–850‰) и средне-высокопробная (850–950‰), присутствующие в исследованных россыпях в различных пропорциях.

Весьманизкопробная генерация наибольшим распространением пользуется в россыпях руч. 14-я Верста и Берентал. Она представлена преимущественно мелкими (менее 1 мм) выделениями. Состав таких золотин очень изменчивый. В качестве микровключений выявлены арсенопирит, пирротин, галенит, сфалерит, сульфиды золота и серебра, мальдонит. Повышенное содержание в тяжелой фракции шлиховых проб с участков максимального распространения данной генерации свинца, цинка и серебра, присутствие в ней галенита позволяют предполагать, что золото этой генерации поступило в россыпи из серебро-полиметаллических проявлений.

Низкопробная генерация золота наибольшее распространение имеет в россыпях руч. 14-я Верста, Берентал, Кункуй, Мякит. Она также представлена мелкими выделениями, характеризующимися монотонной неяснозональной, реже зональной структурой. В качестве микровключений в них отмечаются арсенопирит, галенит, самородный висмут, в шлихах – аргентит. Схожесть внутреннего строения золотин низкопробной генерации с внутренним строением золота рудных проявлений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (Савва, Прейс, 1990) указывает, что, вероятнее всего, данная генерация золота связана с золото-серебряным оруденением.

Среднепробная-умереннонизкопробная генерация гипогенного золота составляет основную массу металла россыпных месторождений руч. Кункуй, Плацдарм, Забытый, Мякит. Среди выделений этой генерации преобладают мелкие, реже среднего (1–2 мм) размера, образования. Они характеризуются преимущественно монотонным строением. В качестве микровключений отмечались арсенопирит, галенит, халькопирит, хейдлейит, самородные висмут и свинец. Железисто-мышьяковая геохимическая специализация тяжелой фракции шлихов из россыпей руч. Кункуй и Плацдарм позволяет предполагать, что основная масса самородного золота данной генерации поступила в россыпи из минерализованных тектонических зон с золото-кварц-сульфидным оруденением. В то же время, повышенное содержание в химическом составе тяжелой фракции шлихов из россыпи руч. Забытый редкометалльных элементов может указывать на поступление этой генерации золота и из золото-кварц-редкометалльных проявлений.

Средне-высокопробная генерация наибольшим распространением пользуется в верхней части россыпи руч. Кункуй и в россыпи руч. Плацдарм. Она представлена золотишками мелкой и средней размерности. Состав их, как правило, достаточно однородный. В качестве микровключений выявлены пирит, арсенопирит, галенит, самородный висмут, теллуриды висмута и золота. Парагенитическая ассоциация рудных минералов свидетельствует о поступлении золота данной генерации из золото-редкометалльных с сульфотеллуридно-висмутовой минерализацией проявлений.

В целом можно констатировать, что россыпи ручьев 14-я Верста и Берентал образовались преимущественно за счет серебро-полиметаллического и золото-серебряного, руч. Плацдарм – золото-кварц-сульфидного, руч. Забытый – золото-редкометалльного, руч. Кункуй и Мякит – золото-серебряного и золото-редкометалльного оруденения.

Литература

Савва Н.Е. Прейс В.К. Атлас самородного золота Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1990.

Условия локализации БМ, РМ и РЗЭ в угленосных отложениях Верхнего Приамурья

Сорокин А.П.^{1,2}, Рождествина В.И.², Кузьминых В.М.¹

¹АмурНЦ ДВО РАН, *amurnc@ascnet.ru*; ²ИГиП ДВО РАН, *science@ascnet.ru*

Верхнее Приамурье – старейший золотодобывающий район Дальнего Востока. В пределах его, начиная с конца XIX столетия, добыто более 800 т золота. Объектами добычи, вплоть до настоящего времени, служат четвертичные и палеоген-неогеновые россыпи, локализованных в пределах золотоносных поясов, развитых вдоль обрамления крупнейшего на Дальнем Востоке Зейско-Буреинского бассейна (Сорокин, 1990). В россыпях, особенно палеоген-неогенового возраста, значительная часть (до 50%) принадлежит мелкому и тонкому золоту. В тоже время, исследованиями последних десятилетий установлено существование в россыпях растворимых форм благородных (БМ), редких (РМ) и редкоземельных (РЗЭ) металлов (элементов) в ионно-молекулярной, коллоидной форме и взвеси (кластогенных частиц) (Плюсинин, Миронов, 1990; Абрамов и др., 1993; Сорокин и др., 2007; Сорокин и др., 2009; Сорокин и др., 2012; и др.).

Изменение состояния золота во многом зависит от наличия органических веществ (ОВ) гумусовой природы, среди которых по степени растворимости выделяются: гуминовые кислоты и фульвокислоты. Наиболее растворимы фульвокислоты, которые в поверхностных водах составляют до 80% от общего объема ОВ. В реакциях ионов металлов с фульвокислотами может происходить резкое увеличение миграционной способности элементов и сорбционное концентрирование элементов при наличии гуминовых кислот.

В разрезе целого ряда палеоген-неогеновых россыпей БМ присутствуют бурые угли (Нагиминское, Сианчик и др.), в составе которых электронно-микроскопическими и рентгено-спектральными исследованиями установлены самородные элементы (Au, Ag, Be, Te), сульфиды, РМ и РЗЭ. В тоже время, подобный минеральный ряд присутствует и в целом ряде бурогольных месторождений Дальнего Востока (Павловское, Ерковецкое, Райчихинское, Свободное и др.) (Рождествина, Сорокин, 2010; Сорокин и др., 2012). Поступление БМ, РМ и РЗЭ в угли связано с различными механизмами и транспортом: растворенные подвижные формы элементов, переносимые поверхностными водами из зон гипергенеза рудных залежей, и минерализованными подземными водами, поглощенные и сорбируемые растениями-углеобразователями и органическим веществом (как геохимический барьер); кластогенные частицы, ультратонкие частицы в ассоциации с минералами глин, переносимые водотоками, дренировавшими области сноса, и воздушными массами, минерализация за счет наложенных процессов и другие факторы.

Пробирным методом, по запатентованной методике (Кузьмины, Чурсина, 2003) в АмурНЦ ДВО РАН выполнено более 3500 определений содержания золота в углях и вмещающих пород основных месторождений и проявлений Дальнего Востока. Установлено, что распределение концентраций золота в углях неравномерно. В 50–85% исследованных проб значения его находятся в интервале от следов до 5 г/т. Среднее значение содержания золота в углях Ерковецкого месторождения составляет 1.85 г/т, Райчихинского – 1.87 г/т, Павловского – 1.37 г/т. Граммовые содержания золота установлены также в углях Свободненского, Архаро-Богучанского, Дармаканского, Ушумунского и других месторождений. При этом следует отметить, что на долю результатов с наиболее высокими концентрациями металла (20–40 и более г/т) приходится от 15 до 27% общего объема проанализированных проб. Кроме этого, в ряде месторождений угля установлены повышенные содержания РМ, РЗЭ, что с одной стороны, свидетельствует о существовании крупномасштабных коренных источников в областях сноса бассейнов, а с другой – требуют развития исследований с целью создания эффективной экологически безопасной технологии комплексной и глубокой переработки энергетического сырья с попутным извлечением ценных компонентов.

Исследования выполнены при поддержке Отделения наук о Земле, Президиума ДВО РАН и РФФИ (проекты 12-1-0-ОНЗ-02, 11-05- 98510).

Золото в системе: коренной источник, элювий, россыпь (на примере месторождения Балка Золотая Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной структуры)

Сукач В.В.¹, Ковальчук М.С.², Гаева Н.М.

¹ИГМР НАН Украины, *svital@ukr.net*, ²ИГН НАН Украины, *kms1964@ukr.net*

Учитывая слабый экономический потенциал Украины, основные усилия по добычи золота необходимо сосредоточить на объектах, где пространственно и парагенетически совмещаются известные рудопоявления и месторождения золота на которых развита золотоносная кора выветривания и в пределах которой были заложены речные долины, выполненные переотложенными продуктами выветривания. К таким в первую очередь принадлежат объекты Солонянского рудного поля в пределах Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области. Значительный вклад в открытие и изучении золотого оруденения Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области внесли И.К.Абрамов, А.Б.Бобров, В.Г.Бестужев, И.А.Гаев, Н. М. Гаева, В.Г.Кравченко, В.Б.Кузнец, В.Д.Кузь, В.Ф.Лапуста, В.С.Монахов, В.Г.Петько, А.А.Сиворонов, В.В.Сукач, М.Т.Цыма, и др.

Золотое оруденение пространственно локализуется в широкой зоне, приуроченной к северо-восточному и западному экзоконтактам соответственно Солонянского и Восточно-Солонянского субвулканических тел. Рудовмещающими структурами преимущественно являются минерализованные зоны рассланцованных метабазитов, сопровождающих штокоподобные тела и дайки. По вещественному составу оруденение относится к золото-кварцевой, частично золото-сульфидно-кварцевой рудным формациям. Рудные (минеральные) типы: золото-кварцевый, золото-(кварц)-пиритовый, золото-теллуридно-кварцевый. Содержание золота до 18.9 г/т, в отдельных пробах – до 49 г/т. Золото представлено кубовидными, таблитчатыми кристаллами и их сростками, интерстициальными выделениями комковидной и экзотической формы с многочисленными отростками, реже удлинёнными зёрнами и пластинками. Размер зёрен 0.1–1.5 мм. Поверхность зёрен гладкая, шагреновая, ямчато-бугорчатая.

Часть рудных тел месторождения Балка Золотая располагается в коре выветривания (преимущественно гетит-каолинитового, гетит-сидерит-каолинитового состава), образовавшейся непосредственно за счёт рудоносных зеленокаменных пород фундамента. Контурные распространения рудных зон в коре выветривания приблизительно отвечают контурам распространения коренной минерализации золота. Золотоносная кора выветривания образует золото-аргиллизитовую рудную формацию. Золото, в основном, остаточное, редко с небольшим количеством вновь образованного (в виде мелких кристалликов на поверхности более крупных зёрен или в виде концентрических и сигароподобных золотинок). Общая мощность продуктивной зоны составляет 27.0 м. Содержание золота достигает 18.9 г/т. Размер зёрен 0.1–0.5 мм, иногда до 4.5 мм.

Продуктом размыва и переотложения мезозой-кайнозойской золотоносной коры выветривания являются бучакские (средне эоценовые) аллювиальные (русловые, пойменные, старичные микрофации) отложения. Золотоносность отложений приурочена к плотнику и приплотиковому слою, иногда отмечаются кулисолообразные металлоносные тела высоко над плотником. Золото в россыпи имеет более простую морфологию: комковидное, пластинчатое, сростки интерстициальных зёрен. Поверхность мелкошагреновая, ямчато-бугорчатая. Золото имеет незначительный механический износ, проявляющийся в сглаживании, обмятии выступов. Содержание золота достигает 10 г/м³. Размер зёрен 0.05–4.0 мм.

Литература

Гаев И.А., Гаева Н.М., Лебедь Г.Т. Проявления золота в докемрийских осадочно-вулканических породах Среднего Приднепровья // Геол. журнал. 1970. №4. С.126–131.

Гаева Н.М., Сукач В.В. Золото похованих алювіальних розсіпів Українського щита (Сурська структура, Середнє Придніпров'я) // Мінерал. журн. 2001. №4. Т.23. С.123–128.

Ковальчук М., Сукач В., Крошко Ю. Типоморфні особливості розсіпного золота з бучакських алювіальних відкладів Середньопридніпровської граніт-зеленокам'яної області // Мінералогічний збірник. 2012. № 62. Вип.2. С.93–101.

К юбилею обнаружения крупнейших платиновых самородков столетия

Сушкин Л.Б.

LLC Western Pacific Minerals, wpm-s@mail.ru

В 2013 году исполняется 20 лет с момента обнаружения в Хабаровском крае Российской Федерации, на Кондёрском ультрабазитовом массиве крупнейших в мире за последние 120 лет – самородков платины, ставших тогда мировой геологической сенсацией!

Связанное с ультрабазитовым массивом одноимённое платинороссыпное месторождение Кондёр является крупнейшим объектом подобного рода не только в России, но и в мире. На нём добыто с 1984 г. 80 т МПГ, в т.ч. 78 т платины. Общие запасы месторождения превышают 100 т. Россыпь приурочена к радиальной речной сети, реки Кондёр, размывающей Кондёрский массив. Основным минералом россыпи является иридиевая изоферроплатина с включениями осмиридия, платосмиридия и более редких платиновых минералов. Россыпь содержит и золото, не более 1–5%.

Выдающейся особенностью месторождения Кондёр является присутствие в россыпи огромного количества самородков платины (2–30 весовых %!), (реже золота и серебра), сопоставимого лишь с уникальными платиноносными россыпями Среднего Урала, отработанными в основном в XIX веке. Первые на Кондёре крупные самородки весом более 1.5 кг были обнаружены через год после начала эксплуатации, когда в 1985 году в нижнем течении руч. Бегун были найдены самородки весом 1645, 1565 и 1575 грамм, ставшие тогда сенсацией как в науке, так и на рынке драгоценных металлов.

Наиболее удачным были август – сентябрь 1993 года, когда в русле верхнего течения реки Кондёр, в северной части котловины один за другим были обнаружены крупные самородки весом 1078, 1195, 1810 и 1855 грамм. На этом же участке, чуть выше впадения в реку Кондёр ручьёв Двуглавого и Трехглавого 10 сентября 1993 г. был обнаружен и уникальный самородок платины весом 3521.7 грамм, ставший одним из крупнейших платиновых самородков XX века, и самым крупным в мире за последние сто лет. Подобно найденному на Южном Урале «Большому Треугольнику» – крупнейшему золотому самородку России (36.2 кг), этот уникальный самородок платины также имел форму неправильного треугольника размером 111 x 78 x 55 мм, с характерными волнистыми краями, и линзовидно – жёлобообразными углублениями вдоль его длинной оси (Сушкин, 1995; Sushkin 1996). Всего за 29-летний период эксплуатации Кондёра обнаружено около 20 самородков весом более 1 кг.

Самые крупные платиновые самородки Кондёра сопоставимы по размерам лишь с самородками из уникальных, беспрецедентных в мире по масштабам платиноносных россыпей Среднего Урала, более 100 из которых были весом более 1 кг, реже более 3, а единицы более 8–9 кг! По-видимому, россыпей Pt, подобных Уральским, уже никогда не будет открыто на нашей планете!.. Открытые в начале 1990-х на СВ РФ богатейшие многоярусные платиноносные россыпи Корякского нагорья, где главным минералом является тетраферроплатина, содержат самородки не более 0.5 кг..

Замечательной особенностью месторождения Кондёр является также присутствие в россыпи многих тысяч самородков – в виде хорошо сформированных кристаллов, абсолютное большинство которых представлено гексаэдрическими кристаллами, значительно реже – октаэдрическими. При этом, доминируют кристаллы и сростки 2–3-х кристаллов кубической формы с гладкими гранями, наиболее крупные из которых достигают 15–20 мм. Наряду с двойниками сростания отмечены многочисленные двойники прорастания. Обращает на себя внимание свежий, неокатанный облик большинства « кристаллических самородков », что указывает на близость их коренных источников.

«Кристаллические самородки» платины нередко заключены в «золотую рубашку», представляющую собой, как показали поздние минералогические исследования, тонкую (0.05–1 мм) плёнку соединений золота с медью, платиной и палладием. По мнению исследователей, плёнки золотых соединений на большинстве неокатанных кристаллов, несомненно, являются эндогенными, хотя для тонких микронных плёнок высокопробного золота на окатанных самородках платины не исключён низкотемпературный генезис (Сушкин, 1995, 2006; Sushkin, 1996 и др.).

Автор посвящает тезисы 20-летию обнаружения на Дальнем Востоке РФ крупнейших в мире за последние 120 лет самородков платины, и 200-летию находки малолетней Катей Богдановой в 1813 г. на Среднем Урале, в бассейне реки Исети – Первого крупного платинового самородка России!

Большеобъемные россыпи древних и современных впадин восточного и южного Казахстана

Третьяков А.В.¹, Перегудов В.В.²

¹АО «ЗДП «Хан-Тенгри Голдберг», alextret_1210@mail.ru;

²ТОО «КРИЦ-НТК», pereval1946@mail.ru

Впервые вопрос о вероятности обнаружения «большеобъемных» россыпей золота в Казахстане был поставлен в 2005 году (Бегалинов, Третьяков, Бегалинов, 2005) по аналогии с многопластовыми россыпями во впадинах (Патык-Кара, 1997). Высокая прогнозная оценка россыпей этого типа позволила рассматривать их как перспективные объекты, с 2006 года проводятся работы по их изучению (Ужкенов, Третьяков, 2009).

Россыпи этого типа выявлены в районах Восточного и Южного Казахстана (Третьяков, Кургузкин, Перегудов, 2012). Установлено, что они образуются в разнообразных геоморфологических обстановках, а возрастной диапазон их формирования охватывает длительный промежуток времени – от эоценового до четвертичного.

Один из участков, расположенный в Восточном Казахстане, находится в области умеренных сводово-блоковых поднятий в пределах Такырского грабена и представляет собой равнину, покрытую кварцевыми галечниками эоценового возраста, в которых локализована большеобъемная россыпь золота.

Коренные источники представлены золото-кварцево-жильными и золото-кварц-лиственитовыми объектами, а также проявлениями золотосодержащей медной формации.

Золотоносен весь разрез эоценовых отложений, мощность пласта в среднем составляет 23 м, торфов – 0.2 м. Распределение золота в разрезе относительно равномерное (около 300 мг/м³) с единичными интервалами повышенного содержания (до 1500 мг/м³). Пески характеризуются отсутствием валунов при содержании пелитовых и глинистых фракций до 33%. Самородное золото сосредоточено в классах крупности от -2.0 до -0.044 мм, его средняя крупность составляет 0.15 мм. Преобладают зерна пластинчатой и чешуйчатой форм. Прогнозные ресурсы россыпного золота этого участка оценены в 167 тонн.

Второй участок, расположенный в Южном Казахстане, находится в области интенсивных горстово-глыбовых поднятий и локализован в области сочленения высокогорья с аллювиально-пролювиальной равниной внутригорной Нарынкольской впадины.

Коренными источниками являются золоторудные объекты кварцево-жильной формации.

Золотоносен весь вскрытый разрез отложений на мощность 53 м. Оцененная мощность песков колеблется от 10 до 24 м, мощность торфов – от 0 до 1 м. Ширина контура россыпи 2070 м. Распределение золота в пласте неравномерно: наблюдаются обогащенные пропластки и струи. Содержание золота в среднем составляет 430 мг/м³, достигая 2467 мг/м³. Пески характеризуются высокой валунистостью (до 40–50%) и малым количеством глинистых и пелитовых фракций (-0.1 мм). Самородное золото сосредоточено в классах крупности от -1.0 до -0.044 мм, его средняя крупность составляет 0.125 мм. Преобладают зерна пластинчатых и листовидных форм. Прогнозные ресурсы россыпного золота этого участка оценены в 288 тонн.

Прогнозные ресурсы россыпного золота всех объектов этого типа на территории Казахстана оцениваются в 1 365 тонн.

Литература

Бегалинов А.Б., Третьяков А.В., Бегалинов А.А. Перспективы выявления большеобъемных россыпей золота в Казахстане // Изв. НАН РК. Сер. геол. 2005. №6. С.32-42.

Патык-Кара Н.Н. Многопластовые россыпи приразломных впадин // Россыпные месторождения России и стран СНГ. М., 1997. С.92–98.

Ужкенов Б.С., Третьяков А.В. Большеобъемные россыпи золота Казахстана (проблемы, решения, результаты) // Геология и охрана недр. 2009. №1 (30). С.70–74.

Третьяков А.В., Кургузкин Е.В., Перегудов В.В. Большеобъемные россыпи с мелким и тонким золотом в Казахстане: перспективы, особенности разведки и технология отработки // Актуальные проблемы современной геологии и минерагии Казахстана. Мат. Международной научно-практической конференции «Сатпаевские чтения», приуроченные к Дню работника науки 12–14 апреля 2012 года. Алматы, 2012. С. 313–320.

Перспективные типы россыпей с мелким и тонким золотом в Казахстане

Третьяков А.В.¹, Перегудов В.В.²

¹АО «ЗДП «Хан-Тенгри Голдберг», alextret_1210@mail.ru;

²ТОО «КРИЦ-НТК», pereval1946@mail.ru

Высокая стоимость золота активизировала освоение россыпных месторождений Казахстана. В то же время, перспективы долинных россыпей (в том числе в древних долинах) с золотом крупных и средних фракций (более 0.25 мм) исчерпаны известными объектами. В связи с этим с 2005 года авторами проводится изучение мелкого и тонкого золота (МТЗ) в россыпях Казахстана и прогнозные исследования по оценке перспектив «нетрадиционных» типов золото-россыпных объектов. Установлено, что МТЗ развито в россыпях всех типов, но наиболее существенную роль оно играет в «большеобъемных» россыпях впадин и в древних комплексных прибрежно-морских россыпях, с которыми связаны основные перспективы расширения сырьевой базы россыпей золота Казахстана.

Большеобъемные россыпи впадин. Участки, благоприятные для их формирования, расположенные в Южно-Алтайском, Калбинском, Северо-Джунгарском, Северо-Тянь-Шаньском и Каратауском районах Казахстана, впервые выделены на основании геолого-геоморфологических аналогий (Бегалинов, Третьяков, Бегалинов, 2005) с многопластовыми россыпями во впадинах, описанных (Патык-Кара и др., 1997) в России. К настоящему времени работы по их изучению проведены в Северо-Джунгарском, Южно-Алтайском и Северо-Тянь-Шаньском районах, получены результаты, подтверждающие их высокие перспективы (Ужкенов, Третьяков 2009). Прогнозные ресурсы золота россыпей этого типа оцениваются в 1 365 тонн.

Древние комплексные прибрежно-морские россыпи расположены на аккумулятивной равнине северо-западного обрамления Северо-Казахстанского поднятия (Перегудов, Лихонин, 2002; Третьяков, Перегудов, Исмаилов и др., 2009). Мощность отложений палеогенового, неогенового и четвертичного возраста достигает 15–18 м. Мощность продуктивной пачки, залегающей в их основании, в среднем составляет 4–6 м. Золото распространено по всей продуктивной пачке, концентрируясь в ее подошве. Мощность золотоносного пласта в среднем 1.8–2.5 м. Содержание золота колеблется от 1.46 до 24.05 г/м³ при максимальном – 176.9 г/м³. Средний размер золотин – 0.074 x 0.053 x 0.014 мм, вес – 0.0043 мг.

Результаты исследований позволили выделить два типа золота: 1 – кластогенное (хорошо окатанные угловато-комковидные, пластинчатые зерна); 2 – гипергенное (дендритоиды неправильной, изрезанной формы с причудливыми ответвлениями и отростками; чешуйки, пластинки с маховыми границами зерен, образованными нарастаниями микрокристалликов игольчатого золота совместно с гидроксидами железа по периферии). Кластогенное и новообразованное золото находятся в равном соотношении. Кроме золота в песках присутствуют ильменит, рутил, лейкоксен, циркон и касситерит, 80% зерен которых относятся к классу крупности менее 0.1 мм.

К настоящему времени по простиранию палеопобережья выявлен ряд золотосодержащих комплексных месторождений и проявлений, которые размещены в полосе протяженностью более 400 км. Прогнозные ресурсы россыпного золота в них составляют не менее 300–400 тонн.

Таким образом, изложенные данные свидетельствуют о наличии и высоких перспективах россыпей принципиально новых для Казахстана типов, характеризующихся огромными масштабами и преобладанием мелкого и тонкого золота.

Литература

Бегалинов А.Б., Третьяков А.В., Бегалинов А.А. Перспективы выявления большеобъемных россыпей золота в Казахстане // Изв. НАН РК. Сер. геол. 2005. №6. С.32–42.

Патык-Кара Н.Г. Многопластовые россыпи приразломных впадин // Россыпные месторождения России и стран СНГ. М., 1997. С.92–98.

Перегудов В.В., Лихонин С.Д. Древние россыпи золота в обрамлении Северо-Казахстанского поднятия // Сырьевая база свинца и цинка, меди, золота Казахстана. Алматы, 2002. С.86–87.

Третьяков А.В., Перегудов В.В., Исмаилов О.Ж., Чумакова И.А., Чернов В.Ф. Высокоперспективные золото-титан-циркониевые прибрежно-морские россыпи Северного Казахстана (на примере месторождения Аулие) // Геология и охрана недр. 2010. №3(36). С.32–37.

Способ количественного определения содержания мелкого и тонкого золота в песках россыпей

Третьяков А.В.¹, Перегудов В.В.²

¹АО «ЗДП «Хан-Тенгри Голдберг», alextret_1210@mail.ru;

²ТОО «КРИЦ-НТК», pereval1946@mail.ru

Россыпи Казахстана характеризуются разнообразным гранулометрическим составом золота. Основная его часть представлена зернами среднего (-1.0+0.5 мм), мелкого (-0.5+0.25 мм), весьма мелкого (-0.25+0.1 мм), тонкого (-0.1+0.044 мм) и пылевидного (-0.044 мм) классов, а перспективы расширения сырьевой базы россыпей Республики связаны с освоением разнотипных объектов с преобладанием мелкого и тонкого золота (МТЗ). Результаты работ, проведенных авторами, позволили выявить значительное развитие МТЗ, а в ряде случаев – его преобладание (до 82%) в разновозрастных россыпях, расположенных в различной геолого-геоморфологической ситуации в районах Восточного, Южного и Северного Казахстана. В связи с этим достоверная количественная оценка золота всех фракций, в том числе МТЗ, является актуальной задачей разведки россыпей.

Вопрос количественной оценки содержания МТЗ имеет два аспекта. Первый состоит в полноте его извлечения в концентрат при промывке проб, второй – в достоверной количественной оценке веса МТЗ в концентрате. Проведенное нами изучение распределения золота (по операциям) в продуктах промывки проб песков, содержащих значительное количество МТЗ по «традиционной» технологии показало, что с хвостами бутары теряется от 25 до 57.4% (в среднем – 44.48%); с хвостами пробуртки (глинистая фракция) теряется от 36.28 до 60.71% (в среднем – 46.37%) золота. При доводке промпродукта на лотке потери составляют от 7.7 до 51.8% (в среднем – 20.18%).

Количественная оценка содержания шлихового золота в песках, в соответствии с «Методическим руководством...» (1982) производится путем выделения монофракции золота из концентрата, его взвешиванием и последующим вычислением содержания золота. Эта методика не приемлема для оценки содержания МТЗ, поскольку выделение монофракции МТЗ (до 1000 и более знаков) из концентрата весом 600–1000 г с последующим его взвешиванием практически невозможно. Использование для количественной оценки МТЗ стандартных аналитических методик так же не дает достоверных результатов, поскольку результаты анализа разных навесок, отобранных из одной пробы, показали содержание золота в интервале от 10–16 до 118 г/т, что связано с его неравномерным распределением и рядом других причин.

Для достоверного решения вопроса количественной оценки МТЗ при проведении геологоразведочных работ авторами данной статьи разработан «Способ количественной оценки содержания золота в песках россыпей» (Кургузкин, Койбагаров, Третьяков, Перегудов, 2009), существенные отличия которого заключаются в методике определения веса МТЗ в концентрате.

Он включает следующие процедуры: гравитационное обогащение материала проб с использованием центробежных концентраторов; мокрый рассев концентрата на сите 0.25 мм и агитационное выщелачивание всего объема материала фракции «-0.25» мм. Оценка полноты извлечения золота в раствор (основанная на результатах обработки выборки из 300 проб) показывает, что в раствор переходит 98–99% золота, находящегося в концентрате.

Преимущество описанного способа заключается в повышении достоверности результатов геологоразведочных работ за счет точного количественного определения количества золота как «гравитационных» фракций, так и мелких и тонких фракций.

Литература

Методическое руководство по разведке россыпей золота и олова. Магадан, 1982. 218 с.
Кургузкин В.Е., Койбагаров М.Д., Третьяков А.В., Перегудов В.В. Способ количественного определения содержания золота в песках россыпей // Геология и охрана недр. 2009. №1 (30). С.84–89.

Минералого-технологические исследования на стадии разведки россыпных месторождений

Третьяков А.В.¹, Перегудов В.В.²

¹АО «ЗДП «Хан-Тенгри Голдберг», alextret_1210@mail.ru;

²ТОО «КРИЦ-НТК», pereval1946@mail.ru

С 1997 года авторами проводятся специализированные работы по изучению мелкого и тонкого золота (МТЗ) в россыпях Казахстана. На некоторых россыпных объектах выявлено «связанное» золото, доля которого в балансе металла достигает 85.14% (Третьяков, Перегудов, Гилев и др., 2011). В связи с этим задача разработки технологии промышленной переработки песков на стадии разведки не менее важна, чем достоверная количественная оценка содержания золота всех фракций крупности и форм нахождения. Эти вопросы решаются в процессе технологических исследований, которые на стадии геологоразведочных выполняются работ путем отбора и изучения минералого-технологических, рядовых технологических и укрупненно-лабораторных технологических пробы. На начальных этапах изучения россыпей производятся минералого-технологические исследования, которые позволяют без значительных затрат и достаточно оперативно изучить основные минералогические и технологические характеристики песков россыпей и самородного золота, определяющие выбор схемы обработки рядовых проб на стадии разведки и схему их промышленной переработки на стадии добычи.

Авторами разработана методика отбора минералого-технологических проб, их обработки и интерпретации результатов исследований при изучении россыпных месторождений (Третьяков, Перегудов, 2011). Эта методика позволяет получить следующие данные. 1 – изучить гранулометрический, петрографический и минералогический состав песков; 2 – изучить гранулометрический состав свободного самородного золота и распределение «связанного» золота по классам крупности обломочного материала; 3 – изучить количественное соотношение фазовых разновидностей золота: свободного самородного разной крупности и «связанного»; 4 – оценить показатели по извлечению свободного самородного золота разной крупности в гравитационный концентрат; 5 – изучить способы извлечения золота из концентрата в мономинеральную фракцию; 6 – оценить возможность извлечения «связанного» золота из концентратов и промпродуктов переработки песков; 7 – разработать высокоэффективную схему обработки шлиховых проб на стадии разведки, позволяющая дать достоверную количественную оценку содержания золота всех классов крупности и форм нахождения; 8 – обосновать промышленную технологию переработки песков (в том числе способ подготовки исходной горной массы и схему обогащения), обеспечивающую максимальное извлечение золота всех классов крупности и форм нахождения.

Систематический отбор минералого-технологических проб позволяет изучить распределение золота разной крупности и форм нахождения в плане и разрезе россыпи – то есть решить задачи технологического картирования, что актуально для масштабных объектов, охватывающих участки с разными геоморфологическими условиями локализации продуктивного пласта. Полученные данные интерпретируются также с геологической точки зрения: оцениваются типы коренных источников золота, дальность его транспортировки, область сноса обломочного материала.

Таким образом, результаты минералого-технологических исследований востребованы уже на начальных стадиях изучения россыпей, при проведении рекогносцировочных, поисковых и поисково-оценочных работ, когда одной из важнейших задач является выбор схемы обработки проб, обеспечивающей максимальное извлечение золота всех классов крупности (в том числе МТЗ) и форм нахождения.

Литература

Третьяков А.В., Перегудов В.В., Гилев Ю.Н., Мамонов Е.П. Формы нахождения золота в песках россыпей бассейна р. Шалкудысу (Южный Казахстан) // Геология и охрана недр. №1 (38), 2011. С.35–39.

Третьяков А.В., Перегудов В.В. Минералого-технологические исследования при изучении россыпных месторождений // Геология и охрана недр. №2 (39), 2011. С.52–57.

Проявления цирконий-титановых россыпей в олигоцен-миоценовых отложениях центральной части Воронежской антеклизы

Черешинский А.В.

Воронежский Государственный университет, vsu31022@mail.ru

Наша страна занимает одно из ведущих мест в мире по запасам и ресурсам титана и циркония (Быховский и др., 2005, Россыпные..., 1997), однако, несмотря на имеющиеся разведанные месторождения, в настоящее время Россия испытывает сильный дефицит в данном сырье. Поэтому работы по поиску и прогнозной оценке титан-циркониевых россыпей на данный момент времени являются весьма актуальными.

В ходе исследований в рамках ГДП-200 в пределах центральной части Воронежской антеклизы (территории листа М-37-II) было выделено 4 пункта минерализации цирконий-титановых россыпей. Пункты минерализации приурочены к неглубоко залегающим отложениям берекской свиты (хаттский и аквитанский ярусы олигоцен-миоцена).

Отложения берекской свиты расположены на наиболее высоких водоразделах, абсолютные отметки подошвы отложений свиты составляют от 233 до 248 м в южной половине территории и около 225 м на севере. Берекская свита сложена толщей песков, в которых на отдельных участках отмечаются прослой глины и песчаников с растительными остатками. Пески пестроцветные мелко- и среднезернистые, кварцевые, в различной степени глинистые, часто слюдястые. Мощность отложений колеблется от первых до 15 м, рудный пласт расположен в верхней части разреза.

Образования берекской свиты характеризуются рутил – дистен – циркон – ильменитовой ассоциацией минералов тяжелой фракции. В пробах преобладает ильменит (20–51%), циркон (3–37%), дистен (8–30%), рутил (2–20%) и ставролит (1–20%), количество лейкоксена в пробах колеблется от 4 до 13%, турмалина от 1 до 5%.

Максимальные содержания полезных компонентов были установлены в пункте минерализации Расховецкий, в котором выход тяжелой фракции составил до 3.25%, преобладает ильменит (20–37%) и циркон (18–37%). Содержание рутила колеблется от 12 до 20%, дистена от 8 до 13%, лейкоксена в пробах 4–5%, ставролита 3–4%. В количестве единичных знаков в пробах встречены эпидот, анатаз, шпинель и турмалин. Минералы тяжелой фракции в основном тяготеют к фракции менее 0.1 мм (до 76%). Средняя мощность продуктивной толщи составляет 1 м.

Через центральную часть листа проходит Белгородско-Курская цирконий-титановая минерагеническая зона, приуроченная к песчаным образованиям берекской свиты. Формирование россыпей происходило на шельфе мелководных морей за счет перемыва и шлихования алеворо-песчаного материала. Многократные перемывы и шлихование песков на неровном рельефе прибрежной зоны и мелководного шельфа – одно из главных условий накопления минералов тяжелой фракции. Цирконий-титановые россыпи относятся к россыпям дальнего переноса. Источниками сноса для них служили более зрелые палеозой-мезозойские осадочные породы Воронежской антеклизы (Савко и др., 1995).

Было выявлено четыре рудных поля развития титан-циркониевых россыпей, по одному (Расховецко-Жуковский) подсчитаны прогнозные ресурсы по категории Р₃. Содержание ильменита в рудном пласте составляет 24.1 кг/м³, циркона 18.2 кг/м³, рутила 11.7 кг/м³, лейкоксена 2.6 кг/м³. Площадь рудного поля составила 39 км².

Таким образом, были подсчитаны прогнозные ресурсы титана (TiO₂) – 2.6 млн.т. и циркония (ZrO₂) – 0.8 млн.т.

Литература

Быховский Л.З., Зубков Л.Б., Тигунов Л.П. Титан-циркониевые россыпи России: проблемы освоения и рационального использования // Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Пермь: Пермский государственный университет, 2005. С.24–26.

Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Под ред. Н.П. Лаверова, Н.Г. Патык-Кара. М.: Научный мир, 1997.

Савко А.Д., Беляев В.И., Иконников Н.Н., Иванов Д.А. Титан-циркониевые россыпи Центрально-Чернозёмного района. Воронеж, 1995.

Модель формирования олигоценых редкометалльно-титановых россыпей Зауралья

Чефранов Р.М., Чефранова А.В.

ИГЕМ РАН, roman_chefr@bk.ru

В Зауралье выделяются три генетических типа редкометалльно-титановых россыпей: (1) меловые прибрежно-морские, образованные за счет сноса и относительно кратковременного переыва кор выветривания Урала; (2) олигоценые прибрежно-морские, сформированные в результате дальнего переноса и многократного переотложения терригенного материала, поступающего как с кор выветривания Урала, так и в результате размыва ранее сформированных россыпных концентраций; (3) неоген-четвертичные аллювиальные, образованные в результате переыва реками россыпей двух первых типов.

Россыпи олигодена принадлежат куртамышской свите, отложения которой были детально нами изучены в пределах Умытьинского россыпеоявления, расположенного на западе Ханты-Мансийского АО. При исследовании применялся комплекс методов, включающий литолого-фациальное картирование, минералогический и химический анализы, статистическую обработка данных, а также обработку результатов геофизических методов разведки (гама- и электрокаротаж).

По особенностям состава, преимущественно гранулярного, в отложениях куртамышской свиты выделяются три горизонта, отличающиеся характером россыпной металлоносности. В целом, наибольшей россыпеностью характеризуется верхний горизонт. В пределах нижнего горизонта также отмечаются участки повышенной металлоносности, в то время как средний представляется наименее экономически значимым.

Пески куртамыша накапливались в условиях мелководного морского бассейна при умеренной гидродинамической активности. В раннекуртамышское время береговая линия регрессирующего Западно-Сибирского бассейна располагалась западнее Умытьинского участка. Рельеф кровли современной поверхности подстилающих отложений – тавдинских глин, а также невыдержанная мощность горизонта свидетельствует о накоплении осадков на фоне начавшихся тектонических движений, проявившихся в активизации Лемьинского выступа на юго-западе территории. При этом, к северо-востоку от него, образовалась серия дугообразных возвышенностей простирающихся юго-восток–северо-запад, образующих структурно-седиментационные ловушки. По-видимому, интенсивность тектонических движений на протяжении раннекуртамышского времени была относительно высокой, что препятствовало образованию значительных россыпных концентраций. Тем не менее, на локальных участках склонов поднятий происходила достаточно эффективная дифференциация материала и здесь сохранялись условия, благоприятные для формирования небольших россыпных тел мелководно-морского типа, что отражено в обнаружении здесь радиометрических аномалий. Россыпные тела приурочены, главным образом, к верхним слоям нижнекуртамышского горизонта. Вероятно, это связано с уменьшением интенсивности тектонических движений и становлением в этот период оптимального соотношения тектонических и гидродинамических процессов.

Можно предположить, что во время формирования среднего горизонта куртамышской свиты затухание тектонических движений продолжилось и пониженная металлоносность этого горизонта связана с застойными условиями осадкообразования, несмотря на накопление относительно крупнообломочного материала в мелководной области бассейна. Вероятно также, что в этот период происходил частичный размыв верхних металлоносных слоев нижнекуртамышского горизонта, приводящий к рассеянию концентраций минералов тяжелой фракции.

Следующая активизация тектонических движений и становление благоприятного для россыпеобразования режима привела к формированию отложений верхнекуртамышского горизонта. В это время между Лемьинским и Северо-Умытьинским выступами сформировался залив, представляющий собой эффективную седиментационную ловушку. Поступление терригенного материала осуществлялось посредством водотока, впадающего в бассейн в вершине залива западнее Умытьинского участка. К этому горизонту приурочен ряд россыпей как прибрежно-морского, так и литорального типов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-31045 мол_а.

К вопросу о применении термина «минеральная ассоциация» в геологии россыпей

Чефранова А.В., Лаломов А.В.

ИГЕМ РАН, achefra@mail.ru, lalomov@mail.ru

Применительно к геологии россыпей термин «минеральная ассоциация» как «совокупность всех минералов совместно присутствующих в данном участке земной коры» (Геологическая ..., 1991) требует некоторой детализации. Так же существует термин «ассоциации минералов россыпей», предложенный Н.А. Шило в словаре по геологии россыпей (1985), под которым понимаются «комплексы минералов, формирующиеся в россыпях при определенном составе пород области питания в ходе осадочной дифференциации минеральных зерен в соответствии с их физическими параметрами и миграционной способностью». Этот термин является универсальным, но при выяснении генезиса россыпей авторы неизбежно сталкиваются с громоздкими формулировками, часто повторяющимися друг друга. Для разгрузки предложений от излишней смысловой нагрузки предлагаются следующие термины свободного пользования.

Первичная «россыпная» ассоциация – минеральные ассоциации различных коренных пород источника сноса россыпей, а также образованных по ним кор выветривания. Здесь имеются в виду ассоциации магматических, метасоматических, метаморфических пород и приуроченных к ним кор выветривания. Таким образом, под первичной «россыпной» ассоциацией будут пониматься перемещенные с места залегания минеральные ассоциации различных комплексов пород. Первичная ассоциация является условно «россыпной», так как в процессе транзита «высвобожденных» минералов произойдет отсеивание и разрушение химически и механически менее устойчивых зерен и в конечной россыпи останутся лишь ее немногие «маркеры».

Транзитная россыпная ассоциация – минеральные ассоциации рыхлых и слабо литифицированных пород, образованных на пути транзита россыпеобразующих минералов от коренного источника к конечной россыпи. Для прибрежно-морских россыпей транзитными могут являться разновозрастные с конечной россыпью ассоциации элювиально-склоновых, аллювиальных, дельтовых образований, а также более древние ассоциации одного или нескольких промежуточных коллекторов. Таким образом, под транзитной россыпной ассоциацией будут пониматься минеральные ассоциации находящихся в процессе перемещения различных комплексов терригенных пород на пути к конечной россыпи. Если конечная россыпь древняя, то ее транзитной ассоциацией могут являться минеральные ассоциации различных погребенных комплексов терригенных пород, перемещенных с места залегания первичных коренных пород.

Конечная россыпная ассоциация – минеральная ассоциация конкретного россыпного тела. Если конечная россыпная ассоциация отчетливо сохраняет черты состава более древних россыпей, то согласно Н.А. Шило (Словарь..., 1985) ее можно назвать реликтовой.

Наложенной россыпной ассоциацией можно назвать ассоциацию минералов, носящих следы вторичных изменений (лейкоксенизация, увеличение пробыности золота и т.п.), появившихся в процессе транзита и накопления конечной россыпи, а также образование новых минералов в результате постседиментационных преобразований (железо-марганцевые корки на поверхности ильменита, фосфаты редких земель на поверхности лейкоксена и т.д.). Термин наложенной россыпной ассоциации в данном контексте является новым, так как изучение микроструктур минералов и новообразований стало возможным с появлением в последнее время прецизионных методов исследований.

Литература

Геологическая энциклопедия / Под ред. Козловского. М.: Советская энциклопедия, 1991.
Словарь по геологии россыпей / Под ред. Н.А. Шило и др. М.: Недра, 1985. С.12.

О возможности реконструкции структуры донного субстрата акваторий окраинных морей Юго-Востока России на основе данных Modis Aqua

Шевырев С.Л., Шевырева М.Ж., Шатров Н.В.

ДВФУ, shevirev@mail.ru

Данные дистанционного зондирования шельфовых акваторий, предоставляемые спектрометрией Modis спутников Aqua и Terra представляют источник информации о литодинамической обстановке и структуре субстрата выявляемых изучением полей механической взвеси, отраженных на космодатаснимках (КФС). В настоящем исследовании рассматривается выраженность литодинамических обстановок россыпеобразования на континентальном шельфе окраинных морей в пределах участков исследования – Татарского пролива (Японское море) и вдоль побережья Шантарских островов (Охотское море).

По результатам геолого-съёмочных работ масштаба 1:200 000 и поисков АО «Дальморгеология» были описаны россыпи титаномагнетита на побережье и дне Татарского пролива от м. Крестовоздвиженского до м. Плитняк. Помимо железа, титана и циркония в рудной массе присутствуют ванадий, скандий и редкие земли. Россыпи установлены на побережье и дне акватории до глубин моря 45–50 м и принадлежат к трем типам: пляжевому, бенчевому и древних береговых зон. На глубинах до 150 м они образуют ореолы россыпной минерализации суммарной площадью до 380 км². У мысов Туманный и Золотой в рыхлых отложениях побережья и акватории также отмечается знаковое содержание золота (Шельфовая область, 2005).

На острове Феклистов (Шантарский архипелаг) в Охотском море геологами «Дальморгеологии» выявлена своеобразная ассоциация склоновых, флювиальных и литоральных россыпей минералов платиновой группы и золота среди рыхлых элювиально-делювиально-аллювиальных и прибрежно-морских отложений (Khomich et al, 2012).

Для изучения закономерностей условий обогащения современных осадков титаномагнетитом на участках Золотой-Туманный оценивалась отражательная способность акватории в красной и ближней инфракрасной зонах спектра (по съёмкам Modis). Для обработки последних проводилось дешифрирование полей механической взвеси на площади с учетом общей закономерности – в спектральных каналах с большей длиной волны фиксируются взвеси с меньшей дисперсностью (Андреев, 1977).

Анализом спектральной яркости изображения акватории с помощью инструмента Modis, взятой по отдельным каналам, удалось выполнить относительное распределение концентраций частиц различного гранулометрического состава. Был установлен изменчивый характер концентрации взвешенного материала различной гранулометрии, связанный с временной изменчивостью, выразившейся в изменении величины твердого стока рек, направлением и скоростью ветровых течений, а также зависящей рельефа дна и изрезанности береговой линии.

Исследование выполнено при поддержке Программы «Научный фонд ДВФУ» (проект 12-05-13000-м-03) и компании British Petroleum.

Литература

Шельфовая область Японского моря. Геология и минерагения / Под ред. В.И.Ушакова. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2005. С. 91–100.

Андреев И.Н. Идентификация спектральных выносов по многозональным космическим снимкам. В кн.: Космические методы исследования природной среды. М., 1977. С. 33–41.

Шевырев С.Л., Хамзиков М.Ж., Шатров Н.В., Тагильцев Я.Е., Сальникова Л.А. О возможности реконструкции структуры донного субстрата Татарского пролива на основе данных Modis Aqua // Вестник ВГУ. Геология. 2013. №1.

Khomich V.G., Boriskina N.G., Shevirev S.L. Placer platinum content of South-East Russia // Abstract of Baikal International Conference “Geology of Mineral Deposits”, Ulan-Ude, Enkhaluk on the Baikal, March, 20–24, 2012. P.33.

Природа источников алмазов в россыпях северной Якутии

Шкодзинский В.С.

ИГАБМ СО РАН, shkodzinskiy@diamond.ysn.ru

В россыпях северной Якутии находится почти 70% запасов россыпных алмазов России. Для них характерны преобладание округлых кристаллов алмазов и значительная доля среди них темных разновидностей V и VII по Ю.Л. Орлову, отсутствующих в кимберлитах этого региона. Природа коренных источников алмазов этих россыпей до сих пор дискутируется, несмотря на большой объем выполненных геологических исследований.

Проведенные исследования показали, что доля округлых кристаллов среди алмазов в среднем сильно увеличивается с возрастанием содержания кремнекислоты в кимберлитах и лампроитах от 0% при 22% SiO₂ до 60% при 55% SiO₂. Высокое содержание кремнекислоты резко увеличивает вязкость расплавов. Поэтому установленная зависимость подтверждает представления об антискелетном образовании округлых алмазов в результате все большего недорастания образующихся слоев до ребер и вершин под влиянием уменьшения скорости диффузии углерода в расплаве при увеличении его вязкости с ростом кремнекислотности. Ростовый генезис округлых алмазов согласуется с существованием округлой зональности в некоторых кристаллах и с большим в среднем размером округлых кристаллов по сравнению с плоскогранными в трубках и россыпях.

Установлено, что с увеличением содержания кремнекислоты в кимберлитах и лампроитах в среднем резко уменьшается количество углекислоты от 40% при 5% SiO₂ до 1–2% при 55% SiO₂. При небольшом давлении углекислота почти на порядок менее растворима в расплаве, чем вода. Поэтому богатые кремнекислотой кимберлитовые и лампроитовые магмы должны были вскипать при подъеме, декомпрессионно затвердевать и взрываться под влиянием законсервированного затвердеванием высокого давления флюидной фазы на меньшей глубине, чем бедные. Это приводило к меньшей вертикальной протяженности диатрем, образованных богатыми кремнекислотой магмами. Выполненные расчеты показали, что протяженность этих диатрем составлять чаще всего 150–200 м, тогда как для бедных кремнекислотой кимберлитов она равна 1–1.5 км.

Очевидно, что неглубокие диатремы должны были чаще всего почти полностью уничтожаться эрозией, что объясняет отсутствие на севере Якутии и во всем мире трубок, содержащих округлые алмазы, типичные для россыпей. Вследствие небольшого объема диатрем почти все продукты взрыва богатых кремнекислотой магм должны были выбрасываться на земную поверхность и формировать покровы туфов (Шкодзинский, 2009). Их силикатный материал на поверхности относительно быстро выветривался и в значительной мере уносился водотоками. Алмазы частично перемещались в понижения и формировали различные россыпи. Площадь распространения продуктов извержений современных вулканов достигает сотен тысяч квадратных километров. Это объясняет огромную площадь распространения россыпей с округлыми алмазами. Для россыпей северной Якутии она составляет около 400 000 км², для россыпей Бразилии – несколько миллионов км².

Перемытые остатки туфовых покровов должны были сохраниться в случае выпадения материала в водоемы и захоронения их поздними осадками. Такие туфы в последнее время обнаружены в Якутии в устье р. Булкур в триасовых осадочных отложениях (Граханов и др., 2010) и в эрозионно-карстовых депрессиях в бассейне р. Эбелях. Они содержат такие же алмазы как в россыпях, в том числе кристаллы разновидностей V и VII, отсутствующие в кимберлитовых трубках региона. Подобные туфы выявлены также в Бразилии на площади Жуина. Вследствие распространения на большой площади мощность туфовых покровов была небольшой, в Якутии и Бразилии она равна нескольким десяткам сантиметров.

Таким образом, источником алмазов в россыпях северной Якутии были покровы туфов, близких по составу к лампроитам, а не кимберлитовых трубки, как раньше предполагали.

Литература

Граханов С.А., Смелов А.П., Егоров К.Н., Голубев Ю.К. Осадочно-вулканогенная природа основания карнийского яруса – источника алмазов северо-востока Сибирской платформы // Отечественная геология. 2010. №5. С.3–12.

Шкодзинский В.С. Генезис кимберлитов и алмаза. Якутск: Медиа-холдинг Якутия, 2009. 352 с.

Геология россыпей: от Ю.А. Билибина до Н.А. Шило

Шумилов Ю.В.

ФГБУ «ВНИИприроды» МПРиЭ РФ

Отрасль геологических знаний о россыпях занимает совершенно особое место в фундаментальной и прикладной геологии, да, пожалуй, и в науках о Земле в целом. Своеобразный статус россыпных месторождений обусловлен тем, что для их образования необходимо сочетание широкого спектра геологических предпосылок, – от тектоники и климата, задающих направленность рельефообразующих процессов, гипергенеза, корообразования и т.д., до эндогенной рудной минерализации и геохимии.

Основателем геологической отрасли, аккумулирующей в себе весь комплекс знаний о россыпях, по праву считается Ю.А.Билибин. Изданные им в 1936 г. «Основы геологии россыпей», Ю.А.Билибин считал не строго научной монографией, а скорее научно-методическим пособием для поисковиков-практиков, занимавшихся массовыми поисками и разведкой россыпей золота в бассейне р. Колымы. Тем не менее, положенные в основу книги и блестяще изложенные Ю.А.Билибиным, как глубоким и всесторонне эрудированным ученым, основные теоретические представления о процессе россыпеобразования на десятилетия – вплоть до 50-х годов XX в. стали фундаментальной научной базой для поисков и разведки россыпей, а также масштабных золотодобычных работ.

Однако, по мере истощения первоначального фонда наиболее богатых россыпных месторождений Яно-Колымского золотоносного пояса, остро встал вопрос о «затухании золотой Колымы» и необходимости выявления новых продуктивных рудных и россыпных районов. Сам Ю.А.Билибин непосредственно к проблематике россыпей больше уже не возвращался (он умер в 1952 г.), поэтому наступало время геологов – практиков и теоретиков, ассимилировавших идеи Билибина и опиравшихся на них, но вместе с тем столкнувшихся с новыми фактами, не укладывавшимися в традиционные классические представления.

Возглавить это новое поколение геологов-россыпников – колымскую школу геологии россыпей, как раз и выпало на долю Н.А.Шило – одного из руководителей геологической службы знаменитого «Дальстроя».

В тезисной форме крайне затруднительно дать исчерпывающую характеристику столь неординарной личности, каким был Н.А.Шило и его многогранная геологическая, научно-организационная и общественная деятельность. Однако в отношении формирования науки о россыпях можно совершенно бесспорно утверждать: наиболее значительный вклад в разработку проблем россыпеобразования после Ю.А.Билибина внес Н.А.Шило. Прибыв на Колыму в 1938 г. выпускником того же Ленинградского горного, как и Ю.А.Билибин, молодой специалист Николай Шило проявляет незаурядную целеустремленность и пытливость как геолог, а также организаторские способности. Уже в 1940 г. в научно-техническом журнале «Колыме» появляются 2 статьи будущего ученого. Затем – тяжелейшие годы войны, когда собственно исследовательская работа отступает на второй план, а все ресурсы – и человеческие, и материальные бросаются на «трудовой фронт» – добычу валютного металла, сыгравшего, надо заметить, важную роль в достижении победы военной. И лишь с 1949 г. Н.А.Шило возвращается непосредственно к научной работе, с теоретических позиций осмысливая полученный за годы войны обильный фактический материал по геологии россыпей всего Яно-Колымского золотоносного пояса. Сначала появляется закрытый вариант его фундаментального труда (1963), затем несколько изданий «Основы учения о россыпях» (1981, 1985) и «Учение о россыпях» (2000, 2002).

Интегрально оценивая эволюцию знаний о россыпях от Ю.А.Билибина до Н.А.Шило, т.е. более чем за полувековой отрезок времени (примерно с 30-х до 90-х годов XX в.), можно уверенно констатировать появление в цикле наук о Земле новой фундаментальной и прикладной дисциплины – геологии россыпных месторождений и кор выветривания. В предисловии к первому изданию «Основ геологии россыпей» Ю.А.Юилибин прозорливо отмечал, что в будущем система знаний о россыпеобразовании перерастет в полноценную науку о россыпях. Предвидение выдающегося геолога сбылось. Но следует подчеркнуть, что трудами Н.А.Шило, ставшего классиком и автором учения о россыпях, эта отрасль не превращается в отживающую «мертвую» науку (так бывает с некоторыми научными направлениями). Напротив, мы видим постоянное наполнение знаний о россыпях все новыми фактами и закономерностями, что является несомненным залогом дальнейшего развития этой науки.

Минералогические особенности и условия формирования туфогенно-осадочных отложений кратерных фаций кимберлитовых тел Зимнего Берега

Щербакова Т.Е., Колесникова Т.И.

ФГУП ЦНИГРИ, *shch.te@gmail.com*, *kolesnikova2456@mail.ru*

На специфику поисковой обстановки в Зимнебережном кимберлитовом районе в первую очередь влияют строение кимберлитовых тел (наличие или отсутствие пород кратерных фаций), их размеры, взаимоотношение с вмещающими и перекрывающими отложениями, вещественный и минеральный состав, особенности индикаторных минералов кимберлитов (МИК) (Щербакова, 2005). Для большинства диатрем характерен незначительный уровень эрозионного среза, на что указывают сохранившиеся кратерные части, выполненные туфогенно-осадочными образованиями. В пределах поисковой Кепинской площади, расположенной в 30 км восточнее месторождения им. Ломоносова, при заверке бурением локальной магнитной аномалии трубочного типа К8, десятью буровыми скважинами был вскрыт мощный разрез вулканогенно-осадочных и терригенных палеозойских отложений, мощностью до 75 м.

Вулканогенно-осадочная толща верхнего девона представлена переслаиванием ярко окрасенных (красновато-коричневых, табачно-зеленых, рыжевато-желтых, буровато-коричневых), ожелезненных аргиллитов, алевролитов, туфоалевропесчаников, туфопесчаников, туфоалевролитов, мелко-средне-угловато-обломочных, интенсивно трещиноватых, брекчированных, с пятнами сапонитизации, прослоями и линзами туффигов, содержащими зерна пикроильменита, пиропы и хромшпинелидов, характеризующихся вертикальной и латеральной неоднородностью и неравномерным контрастным распределением.

Образование туфогенной пачки происходило в результате выпадения пирокластического материала из пепловой тучи, смыва с бортов кратера вулканического материала и сортировки его в водной среде, смыва с бортов чисто осадочного материала. Содержание рассеянного вулканического материала в них исчезающе мало (Саблуков, 1987).

МИК в тяжелой фракции шлиховых проб из этих отложений отмечаются в количестве от единичных знаков до весовых количеств. Они представлены, главным образом, целыми зернами пикроильменита, различного гранулометрического состава как монолитного, так и агрегатного строения, которые при транспортировке быстро разрушаются, с шиповидной поверхностью, со слабым механическим износом (1–2 класса), что может объясняться слабой его обработкой в водной среде при смыве кимберлитового материала с бортов кратера. Единичные зерна пиропов представлены трещиноватыми угловатыми обломками, без следов механического износа, с фрагментами коррозионно-гидротермальной тонкоматированной поверхности. Редкие зерна хромшпинелидов – слабо окатанными целыми комбинационными кристаллами, с коррозионно-гидротермальным типом микроповерхности, хорошей сохранности.

В этих же отложениях кратерных фаций в незначительном количестве также отмечаются характерные минералы глинистой фракции кимберлитов (сметит (сапонит), хлорит).

Ореолы рассеяния МИК ближнего сноса в пределах Кепинской площади в вулканогенно-осадочных отложениях верхнего девона, связанных с отложениями кратерных фаций первой фазы внедрения кимберлитовых тел и закратерных выбросов, выполняющих палеодепрессии докаменноугольного рельефа, являются признаком наличия кимберлитовых тел в непосредственной близости от находок данных МИК. Установленные признаки ореолов рассеяния ближайшего и ближнего сноса могут быть использованы при проведении поисковых работ на закрытых территориях (Голубев и др., 2009).

Литература

Голубев Ю.К., Щербакова Т.Е., Колесникова Т.И. Особенности проведения шлихо-минералогических поисков алмазных месторождений в условиях «закрытых» территорий северо-запада Российской Федерации // Отечественная геология. 2009. №2. С.11–22.

Саблуков С.М. Некоторые особенности внутреннего строения кимберлитовых трубок // Методы прогноза и поисков месторождений алмазов различных генетических типов. М. Труды ЦНИГРИ. Вып.218. 1987. С.37–41.

Щербакова Т.Е. Типоморфные характеристики минералов кимберлитов в ореолах рассеяния и их использование при поисках месторождений алмазов Зимнего Берега: Автореф. дисс. канд. 2005. 25 с.

Авторский указатель

Абдумоминов Ш.А. 177, 197

Абрамов Б.Н. 119
Агафонов Л.В. 178
Агибалов О.А. 196
Азизов А.М. 177
Азовскова О.Б. 120, 121, 222
Айриянц Е.В. 31, 178
Акинфиев Н.Н. 135
Александрикова М.А. 209
Алексеев А.С. 65
Алексеев В.И. 66
Алексеев В.Ю. 72
Андреева Е.Д. 67
Андреева И.А. 88
Антонов А.В. 239
Анисимова Г.С. 68, 102
Анкушева Н.Н. 129
Аплеталин А.В. 95
Аршамов Я.К. 57
Афанасьев В.П. 179
Ахманов Г.Г. 180
Ахунджанов Р. 15

Баданина И.Ю. 218

Бакшеев И.А. 95
Бакшеев Н.А. 181
Балашов Ф.В. 69, 122
Баранников А.Г. 120
Баранова Т.Н. 170
Баратов Р.Т. 57
Баскина В.А. 70
Башкиров А.П. 174
Баянова Т.Б. 50
Бекеша С.Н. 63
Белянин Д.К. 31, 178
Бессмертный С.Ф. 98
Бирюков А.А. 103
Бобошко Л.П. 201
Богатиков О.А. 16
Богуш И.Н. 98
Бойко Н.И. 17
Борисенко А.С. 26
Борискина Н.Г. 116
Борисовский С.Е. 20, 210, 217, 227
Бортников Н.С. 77, 88, 122
Бочнева А.А. 182
Браунс М. 175
Булаткина Т.А. 180
Бутвиловский В.В. 183
Бучко И.В. 71
Бучко Ир.В. 71

Вазиров К.В. 123

Василенко С.П. 187, 203, 205
Васильев Н.Г. 180
Викентьев И.В. 124
Виноградова О.В. 184
Вирюс А. 171

Войтеховский Ю.Л. 18
Волков А.В. 72
Волошин А.В. 18
Воронцова Н.И. 186
Воскресенский И.С. 185
Выхристенко Р.И. 19

Газеев В.М. 16, 20, 23

Гаева Н.М. 245
Гайовский О.В. 63
Гайфутдинова А.М. 186
Галецкий Л.С. 187, 188
Гамянин Г.Н. 73
Гаршин И.К. 21
Гвоздев В.И. 55
Герасимов Б.Б. 189, 224
Гетманская Т.И. 74
Глаголев В.А. 125
Глухов А.Н. 75, 76, 79
Глушкова Е.Г. 190, 224
Гожик П.Ф. 208
Голдырев В.В. 220
Голубев А.И. 126
Голубев В.Н. 23
Голубева Ю.Ю. 227
Голубенко И.А. 97
Голубенко И.С. 213
Гонгальский Б.И. 21
Гоневчук В.Г. 77, 78, 88, 122
Гоневчук Г.А. 77
Гореликова Н.В. 69, 77, 78, 88, 122, 191
Горячев Н.А. 73, 79, 97
Грабежев А.И. 156
Грановская Н.В. 192
Грановский Г.А. 192
Граханов С.А. 227
Гребенникова А.А. 82
Грибоедова И.Г. 69
Григорьева А.В. 212
Григоров С.А. 80
Гричук Д.В. 160
Гурбанов А.Г. 16, 20, 23
Гурьянов В.А. 24, 25
Гусев И.М. 131

Давлетбаев Р.Г. 164

Давыдов П.С. 191
Дамдинов Б.Б. 31, 127
Дамдинова Л.Б. 81
Даутбеков Д.О. 57
Двуреченская С.С. 89
Демин А.Д. 95
Добрецов Н.Л. 26
Докучаев А.Я. 16, 20, 23
Долгушин С.С. 46
Друщиц В.А. 27
Дунин-Барковская Э.А. 128
Дьячков Б.А. 28

Егорова И.П. 180
Енгальчев С.Ю. 29
Епифанов В.А. 30, 193

Жиличева О.М. 217
Жмодик С.М. 26, 31, 178, 223, 235

Задорожный Д.Н. 32
Зарубина Н.В. 82
Звонарев А.Е. 194
Зелтманн Р. 156
Зенкова С.О. 15
Зинчук М.Н. 195
Зинчук Н.Н. 33, 34, 195
Знаменский С.Е. 129
Злобина Т.М. 35, 36
Зубова Т.П. 196

Ибрагимова Э.К. 239
Иванов В.В. 82
Иванов Н.М. 196
Иванов П.О. 189
Иванова Ю.Н. 37
Иващенко В.И. 38, 126
Игамбердиев Э.Э. 61, 197
Игнатов П.А. 130
Изох А.Э. 26, 54
Илалудинов И.Я. 220
Ильяш В.В. 238
Имамендинов Б.Н. 108, 131
Имамендинова М.А. 83

Каженкина А.Г. 224, 225
Кайгородова Е.Н. 132
Калинин Ю.А. 39, 223
Калинин Ю.К. 142
Каменцев Л.И. 198
Карандашев В.К. 227
Карась О.А. 55, 84
Каримова Ф.Б. 15
Карманов Н.С. 31
Карпов С.М. 18
Кассандров Э.Г. 40
Керимов Р.Б. 133
Кигай И.Н. 41
Килижеков О.К. 130
Ким М.А. 128
Кириллов В.Е. 85
Киселева Г.Д. 135
Кнауф В.В. 218
Ковалев К.Р. 39
Ковалев С.Г. 134
Ковалев С.С. 134
Коваленкер В.А. 135
Ковальчук М.С. 199, 200, 245
Ковальчук О.Е. 98, 130
Козлов А.П. 241
Козлова Е.Н. 157
Козловский А.М. 47

Колдаев А.А. 42
Колесникова Н.Б. 86
Колесникова Т.И.
Колова, Е.Е. 75, 76, 79, 87, 103
Колотилина Т.Б. 54
Колпаков В.В. 201, 223
Комашко Л.В. 148
Комлев А.А. 202, 203
Кондратьев А.В. 196
Кондратьева Л.А. 68
Конеев Р.И. 43
Коптиль В.И. 98
Коробков И.Г. 204
Коробкова А.И. 204
Королева Г.П. 164
Коростелев П.Г. 77, 88
Косолец Т.Н. 136
Котов А.А. 137
Котов А.Б. 175
Кочкин Б.Т. 138
Кравцова Р.Г. 102
Кравченко О.В. 164, 205
Краснов А.Н. 196
Кременецкий А.А. 139
Криволицкая Н.А. 44
Криворучко А.А. 234
Крошко Ю.В. 200
Крылова Т.Л. 88, 135
Кряжев С.Г. 89, 122
Кудрин К.Ю. 206
Кузнецов С.К. 45
Кузнецова И.В. 207
Кузьмин И.А. 140
Кузьмин М.И. 62
Кузьмина О.Н. 28
Кузьминых В.М. 244
Кулешевич Л.В. 141
Куликова В.В. 142
Куликов В.С. 142
Курчавов А.М. 16

Лаверов Н.П. 208, 209
Лавров О.Б. 141
Лазаренков В.Г. 186
Лаломов А.В. 208, 209, 211, 253
Лаптев Ю. В. 143
Левченко Е.Н. 212
Лексин А.Б. 16, 23
Леснов С.В. 82
Леснов Ф.П. 233
Лисковая Л.В. 130
Литвиненко И.С. 213, 243
Лобова Е.В. 206
Лоскутов И.Ю. 46
Лунев Б.С. 221
Лыхин Д.А. 47
Лямин С.М. 97
Ляхов Ю.В. 144, 145

Майорова Н.П. 28

Майорова Т.П. 45
Мазуров М.П. 146
Майорова Т.П. 214
Макеев А.Б. 215, 216, 217
Малахов Ф.А. 123
Малиновский М.А. 79
Малич К.Н. 218
Малышев А.И. 147
Малюгин А.А. 121
Манзырев Д.В. 167
Марин Ю.Б. 66
Марченко Л.Г. 148
Матвеева Е.В. 209
Машковцев Г.А. 48
Мелентьев Г.Б. 49, 166
Мехоношин А.С. 54
Мигута А.К. 48
Милаш А.В. 219
Миронов А.А. 31
Миронов А.Г. 31
Митрофанов Н.П. 100
Митрофанов Ф.П. 50
Михалицына Т.И. 79, 90, 91, 93
Мичурин С.В. 129
Моисеенко Н.В. 92
Молчанов А.В. 110
Мочалов А.Г. 175
Мурашов К.Ю. 36, 137
Мурзин В.В. 149, 218
Мягкая М.К. 39

Наумов В.А. 51, 52, 191, 220
Наумов В.Б. 159
Наумов Е.А. 39
Наумова О.Б. 221
Некрасова А.А. 222
Нестеренко Г.В. 201, 223
Нестерова М.В. 138
Никитенко Е.М. 91, 93, 94
Никифорова З.С. 189, 190, 224, 225
Николаев Ю.Н. 95
Никулова Н.Ю. 226
Новиков К.В. 130
Носова А.А. 227
Нуждаев А.А. 164

Округин В.М. 67, 150, 151
Осовецкий Б.М. 52
Остапенко Н.С. 96
Орехов А.А. 88
Орлянкин В.Н. 152
Орсоев Д.А. 54
Очиров Ю.Ч. 31

Павлунь Н.Н. 144, 145
Палымский Б.Ф. 97
Парада С.Г. 153
Патык-Кара Н.Г. 191
Пахомова В.А. 106
Перегулов В.В. 228, 229, 247–250

Пересторонин А.Н. 24, 25
Петров В.А. 154
Петрова В.В. 27
Петровский М.Н. 155
Петухова Л.Л. 24, 25
Печенкин И.Г. 53
Пилюгин А.Г. 186
Пилюгин С.М. 157,
Плотинская О.Ю. 156
Погребной В.Т. 230
Подлипский М.Ю. 54
Поляков Г.В. 54
Помазанский Б.С. 98
Пономарчук В.А. 71, 96
Постоленко Г.А. 231
Поцелуев А.А. 158
Приходько В.С. 24, 25
Прокопьев И.Р. 143
Прокофьев В.Ю. 95, 159
Прокофьева А.В. 160
Проценко Е.В. 204
Прудников С.Г. 232

Радомская В.И. 99
Радомский С.М. 99
Разин Л.В. 233
Разумов А.Н. 130
Раткин В.В. 55, 84
Рафаилович М.С. 161, 162
Рафиков Я.М. 61, 170
Редин Ю.О. 163
Ремезова Е.А. 187, 203, 208, 234
Ровнушкин М.Ю. 120
Рогозин А.Н. 101
Родин Р.С. 30
Рождествина В.И. 244
Рожков П.Ю. 103
Романюк Л.С. 188
Росляков Н.А. 31, 235
Рудмин М.А. 236
Руднев В.В. 100
Рычагов С.Н. 164
Рябченко В.М. 122

Савва Н.Е. 76, 97, 87, 102, 103
Савко А.Д. 237, 238
Савченко Е.Э. 155
Садчикова Т.А. 27
Сайдашева Ф.Ф. 57
Сайитов С.С. 170
Салихов В.С. 165
Самонов А.Е. 49, 166
Сандиминова Е.И. 239
Сафонов Ю.Г. 56
Сафронов П.П. 92
Сивальнева Т.В. 203, 234
Сейтмуратова Э.Ю. 57
Секисов А.Г. 167
Сендек С.В. 168
Смагин И.В. 120

Семяняк Б.И. 77, 88
Семенов Ф.В. 240
Семышев Ф.И. 79
Сергеева А.В. 164
Середин В.В. 104
Сидоров А.А. 72
Сидоров Е.Г. 239, 241
Скобельцин Е.В. 105
Сокерина Н.В. 45
Соколов В.Н. 164
Соколов С.В. 117
Соломенцева Л.А. 242, 243
Сорокин А.А. 71, 96
Сорокин А.П. 244
Соцкая О.Т. 94
Степанов В.А. 58
Степанов С.Ю. 186
Степнова Ю.А. 106
Стрельцова Н.И. 169
Сукач В.В. 245
Суплецов В.М. 107
Сургай Г.Д. 108
Сушкин Л.Б. 109, 246

Таболич С.Э. 211

Тарасов Н.Н. 138
Тарбаев М.Б. 45
Таусон В.Л. 164
Терехов А.В. 110
Терновой А.Н. 142
Толстых Н.Д. 54
Травин А.В. 71, 96, 171
Третьяков А.В. 247–250
Туресебеков А.Х. 170

Удоратина О.В. 171

Уютов В.И. 89, 111

Филимонова Л.Г. 112

Филиппов В.П. 196
Фомина М.И. 93, 113

Халматов Р.А. 43

Ханчук А.И. 114
Хвостиков В.А. 227
Хиллер В.В. 206
Хрущев Д.П. 208
Хомич В.Г. 116

Цыганкова В.И. 87

Чамов Н.П. 27

Чащин В.В. 59
Чевычелов В.Ю. 172
Черемисина Е.А. 196
Черешинский А.В. 251
Чернов М.С. 164
Чернышова Н.Е. 119
Чернявский А.В. 18
Чефранов Р.М. 210, 252

Чефранова А.В. 252, 253
Чижова И.А. 78, 191, 208, 209
Чистяков А.В. 173
Чубаров В.М. 239

Шабанова Т.А. 125

Шайбеков Р.И. 45
Шарков Е.В. 173
Шатилова Л.В. 196
Шатов В.В. 110
Шатова Н.В. 115
Шатров Н.В. 254
Шаутенов М.Р. 228, 229
Шевкунов А.Г. 174
Шевчук С.И. 162
Шевырев Л.Т. 238
Шевырев С.Л. 116, 254
Шевырева М.Ж. 116, 254
Ширососова Г.П. 143
Шихова А.В. 146
Шкодзинский В.С. 255
Шмонов А.М. 130
Шуколюков Ю.А. 175
Шумилов Ю.В. 256

Щегольков Ю.В. 164, 196

Щеточкин В.Н. 48
Щербакова Т.Е. 257

Юричев А.Н. 60

Юрченко Ю.Ю. 117
Юсупов Р.Г. 61, 197

Яблокова Д.А. 151

Якубович О.В. 175
Ярмолюк В.В. 62
Яценко Г.М. 63
Яценко И.Г. 63