

Фонд имени академика В.И. Смирнова
Научный совет РАН по проблемам рудообразования и металлогении
Секция наук о Земле РАЕН
Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет
Кафедра геологии и геохимии полезных ископаемых

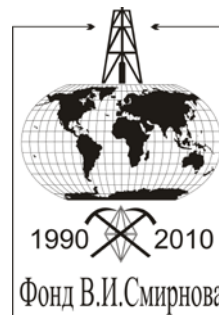


Материалы XXI Международной научной конференции, посвященной
100-летию со дня рождения академика Владимира Ивановича Смирнова
**«Фундаментальные проблемы геологии месторождений
полезных ископаемых и металлогении»**

Москва, МГУ, 26-28 января 2010г.



Москва, 2010



Фонд имени академика В.И. Смирнова
Научный совет РАН по проблемам рудообразования и металлогении
Секция наук о Земле РАЕН
Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет
Кафедра геологии и геохимии полезных ископаемых



Материалы XXI Международной научной конференции, посвященной
100-летию со дня рождения академика Владимира Ивановича Смирнова

**«Фундаментальные проблемы геологии месторождений
полезных ископаемых и металлогении»**

Москва, МГУ, 26-28 января 2010г.

Москва, 2010

Материалы изданы при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-06001), отделения Наук о Земле РАН

Материалы XXI Международной научной конференции «Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении». Конференция посвящена 100-летию академика В.И. Смирнова. Москва, 2010. 266стр.

Сборник содержит материалы докладов по актуальным проблемам геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении. Представлены темы: Месторождения цветных и благородных металлов, Карбонатитовые и кимберлитовые месторождения, Региональная металлогения, методы поисков, разведки и прогноза месторождений, Флюидодинамика рудоносных систем, Происхождение Земли и металлогения. Синергетика геологических систем.

©Редколлегия: В.И. Старостин, Д.Р. Сакия, В.И. Воробьев, 2010

©Ответственный редактор: В.И. Старостин, 2010

Содержание

Секция 1. Месторождения цветных и благородных металлов 13

Андреева Е.Д., Округин В.М., Матсуеда Х., Оно Ш., Такахаша Р. «Особенности формирования рудных тел Агинского месторождения, Центральная Камчатка».....	15
Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Жданов А.В. «Модели образования золотых и золотоурановых месторождений Центрально-Алданского рудного района».....	17
Бородкин Н.А. «Геохимическая структура Экуг-Туманинского рудного поля».....	19
Бородкин Н.А. «Результаты геохимической съемки на месторождении Экуг».....	21
Бортников Н.С., Прокофьев В. Ю. «Флюидный режим образования золоторудных месторождений в различных металлогенических обстановках».....	23
Викентьев И.В., Зотов И.А., Ло Жаохуа, Лу Синсян, Маракушев А.А. «Колчеданные и золоторудные месторождения подвижных поясов, их систематика и генезис: взгляды из России и Китая».....	24
Войтеховский Ю.Л., Чернявский А.В. «Золото Панареченской вулканотектонической структуры на Кольском полуострове».....	25
Горячев Н.А. «Орогенные месторождения золота как металлогенические индикаторы происхождения складчатых поясов».....	26
Дергачев А.Л. «Эволюция вулканогенного колчеданного рудообразования в истории Земли».....	27
Добровольская М.Г., Александров М., Серафимовский Т., Станковский Р. «Пространство и время формирования двух Pb-Zn месторождений в одной металлогенической зоне Македонии».....	28
Доржнамжаа Д., Воинков Д.М. «Геологическое строение Уланбулагского месторождения золото-медно-колчеданных руд в Баянхонгорской офиолитовой зоне (Центральная Монголия)».....	29
Задорожный Д.Н. «Динамические условия формирования структур золото-редкометалльных месторождений Верхоянья».....	31
Знаменский С.Е. «Структуры плутоногенно-гидротермальных золото-сульфидно-кварцевых месторождений Южного Урала».....	32
Иванов К.С., Волченко Ю.А., Коротеев В.А. «Флюидный режим формирования платинометалльных месторождений Уральского типа».....	33
Имамендинов Б.Н. «Геологическое строение Дора-Пильского золоторудного поля, Восточное Верхоянье».....	35
Ковалев С.Г. «Первые данные о нетипичной благороднометалльной геохимической специализации вулканогенно-осадочных пород Шатакского комплекса (западный склон Южного Урала)».....	36
Криволицкая Н.А., Соболев А.В. «Закономерности образования Pt-Cu-Ni в истории развития трапвого магматизма в Норильском районе».....	37
Кулагина Л.А. «Некоторые особенности размещения оруднения на Нежданском месторождении».....	39
Лебедев В.В., Рудаков В.В., Миловский Г.А., Коренюк М.К., Шайбакова Л.А., Филиппов Д.В. «Применение космической съемки для прогноза золоторуднения на северо-востоке России».....	40

Лей Я. «Геологическое строение и условия образования уникального Pb-Zn-Ag месторождения Ленг Шуй Кенг (ЮВ Китай)»	41
Литвиненко И.С. «Золотое оруденение Чумышского рудно-россыпного узла (северо-восток России)»	44
Оболенский А.А., Гущина Л.В., Серкебаева Е.С., Томиленко А.А., Гибшер Н.А. «Условия формирования Au-кварцевого поднадвигового месторождения Бадран (Восточная Якутия)»	46
Округин В.М., Андреева Е.Д., Ким А.У., Пузанков И.М., Шишканова К.О., Матсуеда Х., Оно Ш., Такахаша Р., Ватанабе К. «Вулканогенные гидротермальные месторождения зоны перехода континент-океан (Камчатка, Япония)»	47
Округин В.М., Полетаев В.А. «Полигенность и полихронность медно-никелевого оруденения Камчатки»	49
Орсоев Д.А., Канакин С.В. «Золото в малосульфидном оруденении Йоко-Довыренского расслоенного массива»	51
Полуфунтикова Л.И., Фридовский В.Ю. «Микротектоника и морфогенез рудных тел золоторудных месторождений орогенных областей»	52
Ровнушкин М.Ю. «О перспективах изучения Воронцовского месторождения (Урал)»	53
Сакия Д.Р., Старостин В.И. «Происхождение уникального золотого месторождения Витватерсранд»	54
Самонов А.Е., Мелентьев Г.Б. «Инновационный потенциал Томтора»	56
Сафонов Ю.Г. «Актуальные задачи исследований структур золоторудных полей и месторождений»	58
Сейтмуратова Э.Ю., Сайдашева Ф.Ф. «Состояние изученности эпитептермального золото-серебряного оруденения Жонгаро-Балхашского региона Казахстана и его перспективы»	59
Семинский Ж.В., Корольков А.Т. «Металлогенические пояса и золоторудные районы Байкало-Забайкальского региона»	60
Симкин Г.С. «К вопросу о систематике золоторудных месторождений, производных умеренно-низкощелочных гранитоидов орогенных складчатых областей»	61
Сначёв А.В. «Благородные металлы в углеродистых отложениях северной части Башкирского мегантиклинория (Южный Урал)»	62
Сорохтина Н.В., Зайцев В.А., Сенин В.Г. «Серебряная минерализация пород Гулинского массива»	63
Фридовский В.Ю. «Тектоника месторождений благородных металлов восточной окраины Северо-Азиатского кратона»	64
Чернышов Н.М., Альбеков А.Ю., Рыборак М.В. «Минерагения благородных металлов Воронежского кристаллического массива (Центральная Россия)»	65
Мехоношин А.С., Толстых Н.Д., Подлипский М.Ю., Колотилина Т.Б., Вишневыский А.В. «Платиновая минерализация базит-ультрабазитовых массивов Алхадырского террейна»	66

Секция 2. Карбонатитовые и кимберлитовые месторождения 67

Алексеев А.С., Реймерс А.Н. «Стратиграфические исследования при поисках кимберлитовых трубок в Архангельской алмазоносной провинции»	69
Афанасьев В.П. «Топоминералогия алмазов Сибирской платформы».....	70
Багдасаров Ю.А. «Особенности распределения полезных ископаемых в карбонатитах различных формационных типов».....	72
Бобров А.В., Дымшиц А.М., Литвин Ю.А. «Состав и условия образования мэйджоритовых гранатов по экспериментальным и природным данным».....	73
Бовкун А.В., Анашкин С.М., Гаранин В.К. «Микрокристаллические оксиды из связующей массы кимберлитов трубок Марсфонтейн (ЮАР), Камачия и Катока (Ангола)»	74
Богатиков О.А., Кононова В.А., Каргин А.В., Носова А.А. «Петролого-геохимические критерии формирования месторождений алмаза в кимберлитах»	76
Владыкин Н.В. «Карбонатиты – формационные типы и рудоносность»	77
Владыкин Н.В. «Формационные типы лампроитов и вопросы их алмазоносности».....	79
Гаранин В.К. «Источники природного алмаза и полигенность условий его образования»	81
Гаранин К.В., Третьяченко В.В., Гаранин В.К. «Месторождения алмаза на территории северо-запада европейской части России»	82
Дьяконов Д.Б., Гаранин К.В., Гаранин В.К. «Поиск новых месторождений алмаза на территории западной Либерии»	84
Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т. «Полицентрическая зональность в распределении разновозрастных месторождений алмазов как отражение эволюции энергетических процессов в верхней мантии Сибирской платформы».....	85
Игнатов П.А. «Методические приемы обнаружения скрытых структур контролирующих месторождения урана и алмазов»	87
Когарко Л.Н. «Карбонатитовый магматизм в истории Земли и роль мантийного метасоматоза в его генезисе»	88
Копчиков М.Б., Гаранин В.К. «Использование типоморфных свойств алмаза Архангельской алмазоносной провинции на различных стадиях геологоразведочного процесса».....	89
Костровицкий С.И. «Кимберлитовый магматизм – особенности формирования алмазных месторождений Яап»	90
Литвин Ю.А. «Происхождение алмаза и сингенетических включений по данным физико-химического эксперимента»	92
Олейников О.Б., Павлушин А.Д., Попов А.В. «Постгенетические минералы и микростекла кристаллов алмаза V разновидности из россыпного месторождения Холломолох и их генезис».....	94
Похиленко Н.П. «Ксенолиты мантийных пород: состав, строение и эволюция литосферной мантии Сибирской платформы в связи с проблемой алмазоносности разновозрастных кимберлитов»	95

Розен О.М., Манаков А.В., Горев Н.И., Ззинчук Н.Н. «Сибирский суперплюм во времени и пространстве: уточнение региональных перспектив поисков алмазоносных кимберлитов».....	97
Ротман А.Я. «Кимберлитовая формация северо-востока Сибирской платформы»....	98
Слукин А.Д. «Карбонатиты как источники суперкрупных концентраций редких и редкоземельных элементов при процессах латеритизации и переотложения (Чадобецкое поднятие, Сибирская платформа)».....	100
Смелов А.П., Олейников О.Б., Андреев А.П., Алтухова З.А., Бабушкина С.А., Бекренев К.А., Зайцев А.И., Мишнин В.М., Сурнин А.А., Полуфунтикова Л.И. «Новая кимберлитовая трубка Манчары (Центральная Якутия)».....	102
Специус З.В. «Алмазы в коренных месторождениях – проблемные аспекты их образования и последующей эволюции»	103
Стегницкий Ю.Б., Саблуков С.М., Карпенко М.А. «Кимберлит-долеритовый магматизм среднемархинского алмазоносного района Западной Якутии».....	105
Шацкий В.С. «Метаморфогенные алмазы - проблемы генезиса, экономический потенциал»	107
Шацкий В.С., Зедгенизов Д.А., Рагозин А.Л. «Природа образования алмазов из россыпей Северо-Восточной части Якутской алмазоносной провинции».....	108
Шелков П.Н. «Щелочно-ультраосновные магматические породы Ханкайского массива Северного Приморья: проблемы генезиса, методики поисков и оценка алмазоносности».....	110
Шмаков И.И., Гаранин К.В., Божко Е.Н., Гаранин В.К. «Новые месторождения алмазов на территории шельфа Намибии (Юго-Западная Африка)».....	112

Секция 3. Региональная металлогения, методы поисков, разведки и прогноза месторождений..... 115

Абдрахманов К.А. «Глобальные металлогенические стратоуровни».....	117
Абдрахманов К.А. «Новая модель формирования и прогнозирования колчеданно–полиметаллических месторождений рудноалтайского типа и его мировых аналогов».....	119
Авдонин В.В., Сергеева Н.Е. «Закономерности размещения и условия формирования оксидных руд мирового океана».....	121
Алексеев В.И. «Магматический контроль оловянного оруднения в Чаунском районе (Чукотка)»	122
Антонов В.А., Беляев Е.В., Емкужев А.С. «Оценка перспектив Северного Кавказа на перлитовое сырье».....	123
Арский Ю.М., Гитис В.Г., Шогин А.Н. «Решение задач минерагенического прогноза с использованием сетевой геоинформационной среды «Электронная Земля»»	125
Богуш И.А., Бойко Н.И., Черкашин В.И. «Стратиформное оруденение в пластах-коллекторах юрских осадочных толщ Северного Кавказа».....	126
Бородкин Н.А. «Индикация комплексного оруденения по геохимическим данным».....	127
Брусницын А.И. «Генезис марганцевых месторождений вулканогенных	

областей».....	129
Веремеева Л.И. «Инновационные технологии освоения месторождений Ti-Zr россypeй».....	130
Волков А.В., Сидоров А.А., Алексеев В.Ю. «О металлогеническом значении зон тонкой сульфидизации и наноминерализации»	131
Голева Р.В. «Гидротермалиты активизированных блоков континентальной земной коры и технологии комплексной прогнозной оценки рудоносных территорий»	132
Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А., Килипко В.А. «Металлогеническая и геохимическая зональность петрогенных и рудогенных систем территории России – основа расширения минерально-сырьевой базы»	133
Гонгальский Б.И. «Гидротермальные руды в магматических и осадочных месторождениях Удокан-Чинейского района».....	134
Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л., Солдатов А.И. «Новая медь-никеленосная провинция на востоке России»	135
Диденко А.Н., Горошко М.В., Шевченко Б.Ф. «Тектоника и глубинное строение зоны сочленения Алдано-Становая провинция – Центрально-Азиатский складчатый пояс; металлогенические следствия»	136
Есипенко А.Г. «Новые геохимические и петрографические данные по береговым обнажениям северо-восточной части полуострова Хмитевского, мыса Антамлан и бухты Токарева»	137
Есипенко А.Г., Морозова С.Г., Приставка В.А. «Зональность, парагенезисы и функциональная структура ассоциаций геохимического поля месторождения Майское (Центральная Чукотка)».....	139
Зейлик Б.С. «Новый метод регионального и локального прогноза месторождений металлических полезных ископаемых на основе принципов ударно-взрывной тектоники и данных дистанционного зондирования Земли».....	141
Иванов Н.Н. «Метаморфогенно-гидротермальная рудоносная система Минорской зоны смятия (Южное Верхоянье)»	142
Ишевская Э.Г. «К проблеме эффективных поисков, прогноза месторождений U в ураноносных районах с. Прибайкалья».....	143
Казанский В.И., Лобанов К.В. «Глубинное строение эндогенных рудных районов, расположенных на древних щитах»	145
Кайгородова Е.Н., Калмыкова Г.З. «Минерально-сырьевая база Кабардино-Балкарской Республики»	146
Козлов Н.Е., Козлова Н.Е. Мартынов Е.В., Сорохтин Н.О. «Геохимическая типизация нефти по плотности и содержанию серы – критерий районирования нефтегазоносных провинций по качеству УВ сырья».....	148
Кондратов Л.С. «Газы литосферы и их использование при поисках полезных ископаемых»	149
Кременецкий А.А., Морозов А.Ф., Ферштатер Г.Б., Бескин С.М. «Глубинное геолого-металлогеническое районирование Урала, как основа переоценки ресурсного потенциала высоколиквидных тпи в транспортном коридоре «Урал промышленный – Урал полярный»»	150

Кругляков В.В., Лыгина Т.И., Юбко В.М. «Абиссальные железомарганцевые конкреции: геология и генетические аспекты»	151
Кулешов В.Н. «Месторождения марганца: генетические модели и эволюция рудогенеза в истории Земли»	152
Лось В.Л. «Теоретико-методологические и технологические основы оценки недр»	154
Лось В.Л., Горяева В.С., Легонькин В.С., Самохвалова О.В. «Кластеризация рудных объектов на основе концентраций основных и сопутствующих элементов»	156
Мельников М.Е., Юбко В.М., Хулапова Т.М., Седышева Т.Е. «Модель месторождения кобальтоносных марганцевых руд коркового типа, перспективных для промышленного освоения».....	158
Ожогина Е.Г., Рогожин А.А. «Технологическая минералогия при поисках и освоении рудных полезных ископаемых»	159
Печенкин И.Г. «Минерагения нефтегазоносных бассейнов Центральной Азии»	160
Погорельский А.И., Гонжуров Н.А., Лунев П.И «Геологическое строение и перспективы рудоносности расслоенного плутона Уиллинг (горы Принс-Чарльз, восточная Антарктида)»	161
Смолькин В.Ф. «Рудоносные интрузии Печенгского рудного поля – геологический феномен палеопротерозоя»	162
Соловьев Е.Э., Фридовский В.Ю « Геофизические поля Верхне-Индибирской тектонической зоны (северо-восток Якутии)»	163
Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е. «Геодинамическая эволюция и нефтегазоносность западной части Арктического шельфа России»	164
Старостин В.И., Япаскурт О.В., Сакия Д.Р. «Эндогенный и экзогенный рудогенез и его эволюция в истории Земли».....	166
Ткачев А.В. «Глобальные металлогенические циклы Земли».....	169
Трофимов А.П., Фунтиков Б.В., Лючкин В.А., Пивоваров А.П., Ваганов И. Н. «Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел как эталон прогнозирования рудных объектов при региональных геохимических поисковых работах на восточном склоне полярного, приполярного и северного Урала».....	170
Усова Т.Ю., Калиш Е.А., Архипова Н.А., Комин М.Ф., «Минерально-сырьевая база редких металлов России: состояние и перспективы освоения»	172
Фарбер М.Р. «Деструктивное строение Верхояно-Колымской орогенной области».....	173
Щербакова М.Н. «Палеовулканические карты России и связанные с вулканитами рудные формации»	174
Юбко В.М., Пономарева И.Н. «Перспективы освоения минеральных ресурсов мирового океана: реалии и проблемы»	175
Юрченко Ю.Ю., Соколов С.В. «Элементы морфометрического анализа рельефа при ландшафтном районировании территории по условиям ведения геохимических работ (на примере Малого Хингана, Дальний Восток)».....	177

Секция 4. Флюидодинамика рудоносных систем..... 179

Азарнова Л.А., Чистякова Н.И., Наумова И.С., Темнов А.В. «Калипироксид – новый минерал коры выветривания Большетагнинского месторождения ниобия».....	181
Акимов Г.Ю., Иоспа А.В. «Два типа аргиллизитов куйбышевской площади (о.Итуруп), как критерий перспективной оценки на золото-серебряное оруденение»	182
Аксюк А.М. «Геофториметры и уровни концентраций фтора во флюидах редкометальных и медно-порфировых месторождений».....	183
Асавин А.М. «Прогнозные признаки рудных месторождений, основанные на модели баланса-масс».....	185
Балашов Ю.А. , Скублов С.Г. «Контрастность флюидных режимов магматизма и гидротермального или метаморфического преобразования щелочных комплексов»	187
Балицкий В.С., Шаповалов Ю.Б., Балицкий С.Д., Пущаровский Д.Ю. «Экспериментальное изучение условий образования монокристаллов топаза, их структурно-морфологические особенности и свойства»	188
Григоров С.А. «Иерархическая модель Дегдеканской рудообразующей системы».....	190
Донцов В.В., Бурлин Ю.К., Лукин А.Е. «Роль эндогенного фактора в формировании Юрубчено-Тохомской зоны (ЮТЗ) нефтегазонакопления на примере Куюмбинского месторождения».....	192
Злобина Т.М. «Влияние «маятниковых» дислокаций на развитие гидротермальных рудообразующих систем в вулканических областях»	193
Кигаи И.Н. «О влиянии окислительно-восстановительного состояния магм, флюидов и вмещающих пород на рудоотложение»	195
Лихачев А.П. «Особенности состава оливина магматических проявлений Норильского района и возможности его участия в платино-медно-никелевом рудообразовании».....	197
Осадчий Е.Г. «Применение экспериментального подхода для физико–химического анализа главных сульфидных парагенезисов».....	198
Прокофьев В.Ю., Бортников Н.С., Зорина Л.Д. «Флюидный режим и металлогения эндогенных месторождений золота восточного Забайкалья».....	200
Ройземан Ф.М. «Новая теория богатого флюидного рудообразования под воздействием «углекислотной волны»».....	201
Ручкин Г.В., Донец А.И. «Гидрогенная концепция формирования рудообразующих систем стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах»	202
Савва Н.Е. «Особенности золото-серебряного оруденения палеозойской металлогенической эпохи на северо-востоке России»	203
Савельев Д.Е., Савельева Е.Н., Сначев В.И. «Реидная тектоника и рудообразование в мантийных ультрабазитах»	205
Сорокина Е.С., Балицкая О.В. «Некоторые особенности минерации месторождений ювелирного корунда»	206
Ткачев А.В. «Цикличность формирования месторождений гранитных пегматитов в геологической истории Земли».....	208

Харахинов В.В., Шленкин С.И. «Глубинно-фильтрационная модель нефтидогенеза и нефтегазонакопления. Основные принципы, опыт применения при нефтегазогеологических исследованиях в Сибири»	209
Чевычелов В.Ю., Зарайский Г.П. «Роль магматических факторов в образовании танталовых месторождений в гранитах: экспериментальные данные»	212
Чернова А.Д., Волков А.В., Горячев Н.А., Прокофьев В.Ю. «Условия образования золото-редкометалльных жил месторождения Школьное (северо-восток России)»	214
Юркова Р.М., Воронин Б.И. «Формирование золоторудной минерализации при биметасоматозе»	215
Ярошевский А.А. «О динамике формирования участков локальной концентрации (рудных тел и первичных ореолов) в гидротермально-метасоматических процессах»	216

Секция 5. Происхождение Земли и металлогения. Синергетика

геологических систем 217

Анфилогов В.Н., Хачай Ю.В. «Состав и структура первичной литосферы, сформированной в процессе гетерогенной аккумуляции Земли»	219
Богуш И.А., Бурцев А.А., Джангиров М.Ю. «Информационный и синергетический аспекты метаморфизма на примере пирита в колчеданном рудогенезе»	220
Богуш И.А., Бурцев А.А., Джангиров М.Ю. «Параметрический градиент как основа самоорганизации на минеральном уровне»	221
Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. «Энергетическая перколяция – причина самоорганизации литосферных ансамблей»	222
Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М. «Глобальная самоорганизация архейских железорудных систем»	223
Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М. «Фрактальные минеральные структуры как отражение геодинамических процессов в литосфере»	224
Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Коноплева Н.Г., Пахомовский Я.А., Яковенчук В.Н. «Структурно-вещественная самоорганизация Хибинского щелочного массива»	225
Калашников А.О., Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. «К созданию синергетической прогнозно-поисковой технологии»	226
Коваленко В.И., Ярмолук В.В., Богатиков О.А. «Закономерности пространственного распределения новейшего вулканизма Земли и его связь с эволюцией современного суперконтинента Северная Пангея и пространственным распределением «горячих точек» Земли как основа кайнозойской металлогении»	227
Корчак Ю.А., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Иванюк Г.Ю. «Концентрирование редких и рассеянных элементов в процессе фенитизации (на примере Ловозерского и Хибинского массивов)»	229
Кривовичев С.В., Яковенчук В.Н. «Титаносиликаты щелочных металлов - продукты самоорганизации нанокластеров, нанотрубок и наночастиц»	230
Лихачев А.П. «Причины и условия проявления металлогенических процессов»	231
Павлов А.Г. «Происхождение Земли и её минерогения в архее»	233

Рябинкин С.В. «Коэффициент Лейфмана–Вассоевича как синергетическое отражение спекающихся свойств углей»	234
Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Бугельский Ю.Ю., Новиков В.М., Слукин А.Д. «Роль жизни в формировании полезных ископаемых на планете Земля».....	235
Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Кривовичев С.В. «Спиральные и винтовые кристаллы»	237
Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Горяинов П.М. «Влияние кристаллической структуры среды на морфологию дендрита, растущего за счет диффузии».....	238

Пленарные заседания. 239

Барышев А.Н. «Периодические геодинамические и металлогенические системы и их синергетика»	241
Бортников Н.С. «Современные колчеданные руды на океанском дне: особенности размещения, условия образования и экономическое значение»	242
Горяинов П.М. «Синергетика и проблема ее адаптации к геологическому анализу (когнитивный - познавательный аспект): поможет ли синергетика тектонике плит, и обойдется ли геология в целом без синергетики?».....	244
Донской С. Е., Милетенко Н. В. «О ходе реализации долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья».....	246
Ерёмин Н.И. «Неметаллические полезные ископаемые в классификациях академика В.И. Смирнова»	248
Ковалев А.А. «Научное наследие В.И. Смирнова и новая парадигма эндогенной металлогении»	249
Козловский Е.А. «Минерально-сырьевая политика и национальная безопасность».....	250
Кривцов А.И. «Рудообразующие процессы и системы – развитие идей В.И. Смирнова».....	251
Лаверов Н.П., Сафонов Ю.Г., Величкин В.И. «Проблемы полигенного-полихронного рудообразования (U, Au)».....	252
Ларин В.Н. «Минерально-сырьевые ресурсы изначально гидридной Земли».....	254
Митрофанов Ф.П. «Металлогения Кольско-Карельского региона Балтийского (Фенноскандинавского) щита».....	257
Оганесян Л.В. «Научное наследие академика В.И. Смирнова - системная основа прогноза рудоносности, методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»	258
Соболев А.В. «Сибирские траппы, меймечиты и кимберлиты: связь геодинамики, магматизма и рудообразования».....	260
Сорохтин О.Г., Старостин В.И., Сорохтин Н.О. «Эволюция Земли и происхождение полезных ископаемых»	261

Секция I.

Месторождения цветных и благородных металлов

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ АГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА

Андреева Е.Д.¹, Округин В.М.¹, Матсуеда Х.², Оно Ш.², Такахаша Р.³

¹ИВиС ДВО, Петропавловск-Камчатский, Россия, okrugin@emsd.ru, ²Университет Саппоро, Япония, matsueda@museum.hokudai.ac.jp

Агинское золото-серебро-теллуридное месторождение – одно из самых больших и наиболее изученных с помощью подземных выработок в Центрально-Камчатском горнорудном районе. На его базе введен в эксплуатацию в 2005 году Агинский ГОК (ЗАО «Камголд») – первенец камчатской горнодобывающей промышленности.

Агинский ГОК «открыл счет» коренному жильному рудному золоту Камчатки. За эти годы получено не менее 3 тонн лигатурного золота (сплав Доре). Реальных запасов руды месторождения хватит не более чем на 20-25 лет.

Агинское месторождение совместно с рудопоявлениями Южно-Агинское, Вьюн, Найчан образуют Абдрахимовское рудное поле, располагающееся в пределах кальдеры одноименного миоценового палеовулкана. В геологическом строении рудного поля принимают участие вулканиты алнейской серии, преимущественно, основного и среднего составов: базальты, андезиты, их туфы, а также многочисленные рвущие (субвулканические) образования. Агинское месторождение располагается на северо-восточном склоне вулканоструктуры. Главные рудные зоны месторождения - Агинская и Сюрприз, образующие единую сопряженную систему сколовых нарушений, отличающихся наиболее богатой золото-серебряной минерализацией, связанной, преимущественно, местами сочленения этих нарушений (Петренко 1999).

Эксплуатационные работы с проходкой многочисленных подземных горных выработок, доброжелательное отношение руководства компании, владеющей месторождением, способствовали получению представительного каменного материала для детальных минералого-геохимических исследований.

Результаты изучения текстурных особенностей руд, геохимических систем включений (термометрии) позволяют сделать выводы о том, что формирования рудных тел происходило в условиях постоянной смены параметров гидротермального флюида, для которого характерны периоды относительного спокойствия, сменявшиеся резким вскипанием. Такое разнообразие брекчиевых, брекчиевидных текстур, их комбинаций с колломорфно-полосчатыми, кокардовыми и крустификационными характерно только для Агинского месторождения (Андреева 2009).

Схема последовательности минералообразования Агинского рудного тела охватывает не менее восьми стадий. Нижние горизонты рудного столба сложены полосчатыми агрегатами молочного кварца (гор. 1110 м), которые постепенно сменяются крустификационно-полосчатыми текстурами с элементами брекчирования (гор. 1160 м.). На горизонте 1200-1230 м происходит резкая смена ритмично-полосчатых (1200 м) текстур брекчиевыми (1230 м). При этом происходит увеличение количества теллуридов, таких как, алтаит, петцит и гессит. Самые высокие концентрации золота накапливаются в верхних наиболее брекчированных частях кварц-адуляровых жил.

Формирование рудного тела Сюрприз происходило в условиях постоянного вскипания гидротермальных растворов при температурах 150-2700С (на что указывает присутствие газовых включений равновесных с газовой жидкостью).

Литература

Андреева Е.Д., Зубарев В.В. Тектурные особенности руд Центральной части Абдрахимовского рудного поля, // Материалы Молодежной Конференции: Планета Земля актуальные вопросы геологии глазами молодых ученых и студентов. Москва, МГУ, 2009, С.3-7.

Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки, Петропавловск-Камчатский, 1999.

МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТЫХ И ЗОЛОТОУРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНО-АЛДАНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА.

Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Жданов А.В.

Российский государственный геологоразведочный университет им С.Орджоникидзе (РГГРУ)

Оруденение Центрально-Алданского рудного района пространственно и генетически связано с центром мезозойской тектоно-магматической активизации Алданского щита. Близповерхностные порфировые субщелочные секущие, пластовые малые интрузии и дайки нескольких фаз внедрения по геофизическим данным являются производными малоглубинных магматических очагов. С полями развития мезозойских интрузий, следовательно, и с их малоглубинными магматическими очагами связаны золоторудные месторождения с лебединским, самолазовским и рябиновским типами оруденения.

Оруденение крупнейших золотоурановых (браннеритовых) рудных зон эльконского типа (Южная и др.) и сопряженных с ними более мелких зон Эльконского горста, удаленных от основных интрузий и их магматических очагов на большое расстояние, связывать с этими малоглубинными очагами нет основания. Учитывая 20-километровую протяженность оруденения зоны Южной и его выдержанность на глубину более 2 км, источниками рудоносных растворов можно считать мезозойские магматические очаги, находящиеся на больших глубинах. Об этом свидетельствует также отсутствие зонального изменения составов минералов, связанных с эльконитами, и уранового (браннеритового) оруденения, прослеженных по этой протяженной зоне и на глубину.

Уникальное по масштабам золотоурановое оруденение Центрального Алдана могло быть спродуцировано глубокими мантийными магматическими очагами (> 30 км). Это подтверждается результатами изотопных анализов углерода и кислорода, выполненных М.И. Кучером, и анализов изотопного состава сульфидной серы. Изучение изотопного состава углерода показало значения $\delta^{13}\text{C}$: из кварц-карбонатного прожилка 7, из карбонатного цемента рудоносных метасоматитов 8,0 и 7,1 ‰, из газовой-жидких включений (ГЖВ) в кварце из кварц-карбонатного прожилка 12,5 и 7,6 ‰. Эти значения соответствуют эндогенным образованиям углерода. Изотопный состав кислорода измерялся в углекислоте из ГЖВ (нагрев до 500 °С) и из дефектов кристаллов (форма CO_3^{2-} при нагреве до 900 °С после выделения CO_2). Кислород из CO_3^{2-} имеет более стабильные значения величины $\delta^{18}\text{O}$ для двух проб: 1,7 и 9,2 ‰ для кварца; 10,3 и 11,8 ‰ для кальцита. Эти данные тоже свидетельствуют о глубинной природе рудоносных растворов. По углеродному изотопному термометру определены температуры гидротермального процесса — 300–450 °С.

Изотопные характеристики сульфидной серы по $\delta^{34}\text{S}$ из золотоурановых руд (+0,1–12,8) ‰ соответствуют эндогенным образованиям. Температурный интервал формирования этих руд 320–105 °С. Данные об особо тяжелом (^{34}S 18–30 ‰) «осадочном» составе серы в пиритах реликтовых первичных богатых уран-золотых руд куранахского типа подтверждают заимствование серы рудоносными растворами из терригенных отложений юхтинской свиты юры, на ее контакте с карбонатными породами. О положении магматических очагов в западной части района свидетельствуют и факты выдержанного западного склонения тел с наиболее богатым оруденением — рудных столбов.

В результате изучения закономерностей образования данных месторождений было выделено два источника уранового и золоторудного оруденения: малоглубинные магматические очаги и глубинные мантийные очаги.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЭКУГ-ТУМАНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Бородкин Н.А.

СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан

Оловорудное месторождение Экуг и золото-сурьмяное месторождение Туманное (Восточная Чукотка) вместе с расположенным вблизи них полиметаллическим проявлением составляют Экуг-Туманинское рудное поле (ЭТРП) площадью около 50 км². Проведенная здесь автором в 1989 и 1991 годах геохимическая съемка, а затем тщательная всесторонняя обработка и анализ, полученных данных позволили выявить некоторые особенности и закономерности.

Анализ статистических данных показал, что в отношении местного геофона ЭТРП более всего аномально по Au, W, Sb, Sn, As, Pb, Zn, Ag, Mo, Bi, Li, Be. Для одних элементов характерны локальные высококонтрастные аномалии на каком-то одном из месторождений (Be, Li, Bi, Ag на Экуге); (Au, Sb на Туманном); другие же образуют аномалии на всех рудных объектах – Sn, As, W, Mo, Pb, Zn.

Результаты оценки индикаторной роли элементов показывают, что каждый элемент может обладать высокой, с положительной тенденцией, информативностью к одному виду оруденения и отрицательной по отношению к другому. Распределение Sn, Sb, As, Be, W подтверждают избирательную и высокую индикаторную роль этих элементов по отношению к оловянному, золото-сурьмяному и полиметаллическому оруденению.

Методом многократного корреляционного и факторного анализов в комплексе элементов выявлены четыре основные геохимические ассоциации, характерные для ЭТРП: 1) олово-редкометалльная (Sn, Li, Be, Bi, Ag), контрастно проявлена на месторождение Экуг; 2) мышьяк-редкометалльная (As, Mo, W, Ca, Cr, Ge, Ga) одинаково развита на всех рудных объектах; 3) полиметаллическая (Cu, Zn, Pb, Fe, Mg, Mn, Ti) приурочена в основном к рудопроявлению полиметаллов; 4) золото-сурьмяная (Au, Sb, Zr, Ba, V, Ni) свойственная месторождению Туманное. Первая и четвертая ассоциации находятся в антагонистических отношениях, а вторая и третья служат связующим звеном между золотым и олово-редкометалльным оруденением.

Особенности распределения элементов и их концентраций на рудном поле позволили выделить 9 таксонов, отображающих геохимически однородные участки. Область оловянного оруденения характеризуется тремя геохимическими типами: таксоны 3 и 4 – соответствуют зонам оловянной и мышьяк-олово-редкометалльной рудной минерализации, развитой в грейзенизированных дайках и осадочных породах; таксон 7 – отвечает внешней рудно-ореольной оловянной зоне на периферии Экуга.

Золотое оруденение также характеризуется тремя типами: таксоны 2 и 9 – соответствуют верхнерудной и рудной золото-сурьмяной зонам в измененных осадочных породах (2) на участках с многочисленными дайками и жильными телами (9); таксон 6 – это внешняя ореольно-рудная зона на периферии месторождения Туманное.

Таксоны 8 и 1 указывают на площадь с полиметаллическим оруденением, образуя две различающиеся по интенсивности вольфрам-полиметаллические рудные зоны, а таксоном 5 отображается геохимический фон рудного поля.

Композиционно «оловянные» таксоны заключены в локальный, изометричный контур на Экуге. Он окружен концентрической «пустой» зоной шириной около 1,5 км. «Золотые» таксоны месторождения Туманное и контуры на юге рудного поля укладываются в сегмент концентрической области шириной до 2 км, удаленную от центра Экуга на 2,5-3 км. Участок с «вольфрамовыми» таксонами расположен на расстоянии 5 км от центральной части Экуга. Все это свидетельствует о проявлении на

рудном поле концентрической латеральной зональности в распределении металлов олово → золото → вольфрам (от центра к периферии).

Приведенные результаты подчеркивают одну из основных особенностей рудного поля, которая заключается в следующем. Геохимическая структура ЭТРП состоит из трех обособленных структур низшего ранга. Они территориально соотносятся с месторождениями Экуг, Туманное и проявлением Потерянное. Порядок расположения на ЭТРП геохимически однородных областей, характеризующих места оловянного, золотого и вольфрам-полиметаллического оруденения, свидетельствует о проявлении здесь концентрической латеральной зональности распределения основных металлов в порядке: Sn → Au → W.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЭКУГ

Бородкин Н.А.

Месторождение олова Экуг (Восточная Чукотка) открытое в 1962 г. относится к грейзеновому типу касситерит-кварцевой формации. В его строении принимают участие осадочная толща верхнего триаса, верхнемеловые дайковые и субвулканические тела различного состава.

Всесторонняя обработка данных детальной геохимической съемки, проведенной автором на месторождении в 1989 и 1991 годах, позволила определить вертикальный ряд эндогенной зональности относительно скрытого штока гранитоидов:

Mo – Bi – W – Au – Ba – (Cr, Ca) – Zn – Ni – Li – (Cu, As, Pb) – Ag – B – Be – Sb – Sn.

Показано, что в дайках гранит-порфиров олово-редкометалльное оруденение продолжается еще минимум на 600–700 м вниз от дневной поверхности. Оруденение же в осадочных породах, контролируемое линзовидной грейзеновой залежью, распространяется на значительную площадь, а в глубину уходит на 300-350 м.

Особенности распределения элементов и их концентраций позволили выделить десять таксонов, отображающих геохимически однородные участки на поверхности и в глубину. Композиция таксонов на семи погоризонтных разрезах дает представление о структуре геохимического поля, которую по совокупности расположения однородных геохимических областей можно охарактеризовать как ядерно-зонально-концентрическую. У геохимической структуры ядро зонального строения (4 таксона с разными качественными характеристиками), развитие его и всей структуры прогрессирует по латерали и на глубину. Ядро последовательно обрамляется, на верхних горизонтах фрагментарно, а на нижних - непрерывно, концентрическими зонами оболочки (6 таксонов).

Судя по характеру распределения многих элементов на глубину (As, Sn, W, Mo, Zn, Ag), их ореолы без признаков выклинивания продолжают вниз по разрезу глубже +100 м, что может свидетельствовать об одном – геохимическая структура вниз не ограничивается этим горизонтом. Поскольку возникновение и развитие ее связывается с залегающим внизу штоком гранитоидов, то продолжение этой структуры, а, следовательно, и оруденения можно уверенно предполагать до экзо – и эндоконтакта этого штока.

Геохимическая структура с ядерно-зонально-концентрическим строением и прогрессивным развитием по латерали и на глубину хорошо согласуется с наличием и расположением основных элементов геологической структуры, а также с последовательным чередованием метасоматических зон (биотит-турмалиновых роговиков; кварц-топазовых и кварц-турмалин-топазовых грейзенов; грейзенов, содержащих, наряду с топазом и турмалином, более 20% мусковита и 5% флюорита; грейзены с литиевым мусковитом и циннвальдитом; хлоритовые и хлорит-серицитовые метасоматиты). Ядро геохимической структуры соответствует месту пересечения рудоносных даек гранит-порфиров. Далее расходящиеся от ядра зоны оболочки этой структуры охватывают область переслаивания осадочных пород с залегающими в них дайками лампрофиров и гранит-порфиров (на юге и северо-западе).

Очертания границ и параметрические показатели геохимических и шести выделенных метасоматических зон, схожи между собой, смена метасоматических зон, как и геохимических, идет во все стороны от места пересечения даек.

На месторождении Экуг в грейзенах обнаружены цвиттеры – породы, образующиеся в высокотемпературную стадию грейзенизации. Выявлены

закономерности их локализации и разработана объективная геохимико-петрохимическая часть паспорта этих пород.

По геохимическим характеристикам и технологическим показателям экугские руды являются комплексными. При разработке месторождения наряду с оловом из руд нужно добывать бериллий, литий, медь, висмут, серебро, золото; запасы этих металлов, по геохимическим данным, значительные. К этим металлам также можно причислить молибден, вольфрам, свинец и цинк; их минералы в немалых количествах отмечаются на месторождении.

ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ

Бортников Н.С., Прокофьев В. Ю.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия, bns@igem.ru

Современная геотектоническая классификация эндогенных месторождений золота (Groves et al., 1998) подразделяет их на ряд контрастных генетических типов, каждый из которых образуется во вполне определенной металлогенической обстановке. Это эпитермальные месторождения, золото-порфировые месторождения, сульфидные месторождения в вулканических отложениях (колчеданные), месторождения типа «Карлин», жильные орогенные (или мезотермальные) месторождения, месторождения, связанные с гранитоидными интрузиями, скарновые месторождения и месторождения, связанные с щелочным магматизмом. Каждый из перечисленных типов месторождений имеет индивидуальные черты геологического строения, минералого-геохимической специализации и генезиса.

Многочисленные исследования показывают, что все эти типы месторождений различаются также по условиям зарождения рудообразующих флюидов, их происхождению, источникам металлов, условиям переноса металлов гидротермальными флюидами в зоны рудоотложения, физико-химическими параметрами и причинами осаждения в них рудных компонентов.

Современный уровень изучения золоторудных месторождений позволяет обобщить данные по изучению флюидных включений в минералах руд золота на месторождениях различных типов и выявить критерии отличия разных месторождений по параметрам рудоотложения, флюидному режиму и особенностям состава рудообразующих флюидов. Особенно контрастно месторождения различных типов различаются по флюидным включениям в минералах наиболее ранних и высокотемпературных гидротермальных ассоциаций. Выделены типоморфные ассоциации сингенетических флюидных включений, указывающие на генетический тип месторождения. Так, для эпитермальных месторождений характерна ассоциация двухфазовых газово-жидких флюидных включений с газовыми включениями малоплотного водяного пара. Для порфировых месторождений типичны высокотемпературные включения хлоридных рассолов с малоплотными включениями водяного пара и углекислоты. Орогенные золоторудные месторождения хорошо отличаются по ассоциации углекислотно-водных флюидных включений с газовыми включениями плотной углекислоты. Граничные физико-химические параметры рудоотложения и геохимические особенности рудообразующих флюидов также имеют свои особенности для различных типов месторождений золота. Рассмотрены геохимические индикаторные отношения некоторых химических элементов (K/Rb, Br/Cl, Cd/Zn) и изотопные реперы, которые можно использовать для выяснения природы рудообразующего флюида. Обобщены данные об основных факторах рудоотложения для различных металлогенических типов месторождений золота.

КОЛЧЕДАННЫЕ И ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ, ИХ СИСТЕМАТИКА И ГЕНЕЗИС: ВЗГЛЯДЫ ИЗ РОССИИ И КИТАЯ

Викентьев И.В.¹, Зотов И.А.¹, Ло Жаохуа², Лу Синсян³, Маракушев А.А.⁴

¹ИГЕМ РАН, г. Москва, viken@igem.ru, ²Ун-т Геонаук, г. Пекин,

³Хэнаньская Академия наук о Земле и ресурсах, г. Чжэнчжоу,

⁴МГУ, геологический ф-т, г. Москва

Исследования выполнены при финансовой поддержке МинОбразНауки (госконтракт № 02.740.11.0327), Президиума РАН (П-14, проект 1.2.5а), РФФИ (проекты 08-05-92224-гфен, 09-05-01050) и NSFC (проект 40673046-40911120079).

Важнейшим вкладом В.И.Смирнова в мировую науку является создание всеобъемлющей системы взглядов на генезис месторождений полезных ископаемых, легшей в основу созданного им учебного курса и оформленного в виде ставшего классическим учебника-монографии «Геология полезных ископаемых». Вопросам генетической классификации полезных ископаемых он всегда уделял внимание (Смирнов, 1964...1988). Первоначально он предложил свою классификацию гидротермальных месторождений. В дальнейшем он ее расширил, охватив все типы полезных ископаемых магматогенной, экзогенной и метаморфогенной серий.

В *магматогенную* серию он включил месторождения магматического, пегматитового, карбонатитового, альбититового, грейзенового, скарнового, гидротермального и колчеданного классов. В формировании большинства месторождений этих классов преобладают эндогенные (гипогенные, глубинные) источники вещества, что, собственно и отражено в названии серии. Руды месторождений большинства указанных классов являются источником Au, Cu, Zn и Pb, но наиболее характерны они для гидротермальных (Au) и колчеданных (Cu, Zn и Pb) тел. Взгляды на происхождение образующих их гидротермальных флюидов широко варьируют как в отечественной, так и в китайской геологической литературе.

Для *золоторудных* систем традиционные «ортомагматические» представления в настоящее время в России разделяют не многие, от них отказались в основном под влиянием канадско-американской школы геологов, развивающих метаморфогенно-гидротермальную модель образования большинства месторождений (т.н. «орогенные» месторождения золота). Последняя модель принята для ряда золото-кварцевых и золото-сульфидных месторождений Китая. Для золоторудного пояса Сьяосиньлин (вдоль южной границы Северо-Китайской платформы), включающего десятки крупных объектов (Лаован и др.), более вероятна магматогенная модель.

На *колчеданное* рудообразование также широко существуют взгляды с разной ролью эндогенных факторов, несмотря на то, что эпоха острых дискуссий (особенно в 70-х гг в СССР) прошла. Авторы едины в признании преобладающей роли глубинных факторов в колчеданообразовании. Влияние метаморфизма на колчеданные залежи демонстрируется на примере ряда месторождений Урала, Рудного Алтая и Льюшаньян в поясе Сьяосиньлин.

Перспективной представляется модель, подразумевающая участие в гидротермальном рудообразовании трансмагматических флюидов и поддерживаемая, в первую очередь, эмпирическими наблюдениями связи многих крупных рудных месторождений различных типов (Sn, W, Mo, Cu, Pb, Zn, Au и др.) с небольшими интрузивными телами (примером является изучаемое в рамках совместного проекта гигантское месторождение Шачжуань в провинции Хунань). Ее жизненность была продемонстрирована предсказанием по петрологическим признакам в отсутствие геохимических и геохимических аномалий и затем открытием Мо-порфирирового месторождения Антуолинг недалеко от Пекина.

ЗОЛОТО ПАНАРЕЧЕНСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Войтеховский Ю.Л., Чернявский А.В.

ГИ КНЦ РАН, Анапты, Россия, woyt@geoksc.apatity.ru

Панареченская вулcano-тектоническая структура расположена в центральном блоке Имандра-Варзугской зоны Печенго-Варзугского зеленокаменного пояса и представляет собой брахиформную структуру, вытянутую в северо-западном направлении на 18 км при ширине 6 км (Скуфьин, Пушкин, 1986; Скуфьин и др., 2006). Первые сведения о золотоносности структуры получены в 1980-х годах Центрально-Кольской ГРЭ, выявлены 16 рудных минералов. Ревизия аншлифов ЦК ГРЭ и анализ собственных материалов с помощью MS-46 Самеса и LEO-1450 позволил установить 42 рудных минерала из классов самородных металлов, сульфидов, сульфосолей, оксидов и теллуридов: пирит, марказит, пирротин, пентландит, макинавит, виоларит, галенит, алтаит, сфалерит, гринокит, молибденит, халькоцит, ковеллин, халькопирит, борнит, тетраэдрит, бисмутинит, кобальтин, герсдорфит, арсенопирит, костибит, цумоит, теллуrowисмутит, пильзенит, радхакришнаит (первая находка на Кольском п-ове), колорадоит (первая находка на Кольском п-ове), висмут, теллур, никель (первая находка на Кольском п-ове), магнетит, ильменит, рутил; благороднометалльные минералы: золото, серебро, эмпресит, гессит, штютцит, волинскит, петцит, нагиагит (первая находка на Кольском п-ове), аргентопентландит, фрейеслебенит. Кроме того, установлены 8 минеральных фаз, рассчитываемых на стехиометрические составы.

Авторами выделяются четыре типа рудоносных пород: углеродистые и сульфидно-углеродистые сланцы, серицит-карбонат-альбит-кварцевые метасоматиты, хлорит-карбонатные метасоматиты, пиритовые руды. Первые два типа пород в целом наиболее рудоносны. Сквозными для всех типов пород являются магнетит, ильменит, рутил, пильзенит, теллуrowисмутит, цумоит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, алтаит, пирротин, пирит, фрейеслебенит, петцит, гессит, эмпресит, серебро. Редкие штютцит, волинскит, нагиагит, гринокит, тетраэдрит, бисмутинит, костибит, радхакришнаит и колорадоит установлены только в серицит-карбонат-альбит-кварцевых метасоматитах. Более тонкие тенденции требуют дальнейшего изучения.

С учётом общей геологической ситуации, оруденение Панареченской вулcano-тектонической структуры (Au-Ag теллуридный тип) наиболее близко таковым месторождения Крипл-Крик (Au теллуридный тип) и рудного поля Сильвертон-Теллурид (Au-Ag с Pb и Zn теллуридный тип), Канадский щит (Некрасов, 1988). Это указывает на её перспективы как приповерхностного или малоглубинного Au-Ag месторождения среднего масштаба.

Литература

Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. М.: Недра, 1988. 284 с.
Скуфьин П.К., Пушкин Г.Ю. Вулcano-тектоническая структура в центральной части Печенгско-Варзугского вулканического пояса // Докл. АН. 1986. Т. 287. № 6. С. 1461-1464.

Скуфьин П.К., Баянова Т.Б., Митрофанов Ф.П. Изотопный возраст субвулканических гранитоидных пород раннепротерозойской Панареченской вулcano-тектонической структуры (Кольский п-ов) // Докл. АН. 2006. Т. 408. № 6. С. 801-805.

ОРОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА КАК МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСОВ

Горячев Н.А.

СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, Россия, goryachev@neisri.ru

Доклад подготовлен в рамках проектов РФФИ: 09-1-П14-08-002, 09-11-СУ-08-003, РФФИ 09-05-98593-р_восток_a, РФФИ 09-05-00819_a

Сочетания разнотипных месторождений золота, возникших при формировании орогенных складчатых поясов определяются не только характером субстрата, но и их геодинамическим режимом. Рассмотрены примеры локализации месторождений золото-сульфидного, золото-кварцевого, золото-висмутового и золото-серебро-кварцевого типов в структурах орогенных поясов разного происхождения (коллизийного, аккреционного и трансформных окраин) Востока Азии. Показано, что для коллизийных обстановок характерно формирование всех указанных типов орогенных месторождений золота в ассоциации с гранитофильными плутоногенными месторождениями. Для аккреционных орогенных поясов золото-кварцевые месторождения не типичны, а остальные типы месторождений золота ассоциируют с порфировыми месторождениями Mo, Cu. Орогенные пояса, возникшие в обстановках трансформных окраин континентов, отличаются сочетанием золото-кварцевых месторождений (в составе которых заметную роль играют минералы висмута) с месторождениями сурьмы и ртути.

ЭВОЛЮЦИЯ ВУЛКАНОГЕННОГО КОЛЧЕДАННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Дергачев А.Л.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, alderg@geol.msu.ru

Вулканогенное колчеданообразование относится к числу древнейших на Земле рудообразующих процессов и сопровождало вулканизм на протяжении последних 3,5 млрд лет. Эволюция колчеданообразования характеризуется неравномерностью и цикличностью, общая направленностью и необратимостью изменений. Развитие этих процессов было исключительно неравномерным. В геологической истории Земли выделяются три крупных эпохи колчеданообразования. В пределах каждой из них распределение колчеданных месторождений и их запасов во времени носило пиковый характер: большинство месторождений этого типа и основная масса запасов руд формировались в течение относительно узких временных интервалов (50–80 млн лет).

В течение всей геологической истории Земли возобновление процессов колчеданообразования не являлось случайным, а носило циклический характер, обусловленный общей направленностью тектонического развития и существованием тектонических циклов (суперконтинентальных циклов), включавших сближение континентальных массивов, образование и последующий распад суперконтинентов. В рамках каждого из циклов пики колчеданообразования отвечали стадиям быстрого сближения блоков континентальной коры, нередко совпадали с пиками активности мантийных суперплюмов, предшествовали становлению суперконтинентов и крупным приращением коры континентального типа.

Общая направленность эволюции колчеданообразования выражена постепенным, от одной эпохи колчеданообразования к другой, расширением географии распространения месторождений колчеданного семейства, увеличением числа возникавших колчеданоносных рудных провинций, нарастающим разнообразием типов месторождений, возрастанием суммарных запасов руды и металлов на месторождениях соответствующего возраста и формированием все большего числа крупных объектов.

По многим геохимическим и минералогическим особенностям, минералого-геохимической зональности и морфологии рудных тел, закономерностям размещения, палеовулканической позиции и другим важнейшим условиям образования уже древнейшие колчеданные месторождения вулканической ассоциации весьма напоминают известные месторождения более поздних эпох. Это и делает их единой генетической группой, подчеркивая выдержанность во времени, сохранение сущности, механизмов процесса колчеданообразования в течение миллиардов лет. Однако разновозрастные колчеданные месторождения, демонстрируют не только устойчивость своих наиболее важных признаков, но и изменчивость конкретных форм их проявления. Характер вулканических процессов не оставался неизменным во времени, равно как эволюционировали земные литосфера, атмосфера и гидросфера и биосфера, т.е. все важнейшие условия колчеданного рудообразования. Одним из следствий этого стало формирование многочисленных и разнообразных по типам вулканогенных месторождений колчеданной группы, облик которых постепенно, но необратимо изменялся со временем.

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХ Pb-Zn МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОДНОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ МАКЕДОНИИ

Добровольская М.Г.¹, Александров М.², Серафимовский Т.², Станковский Р.²
¹РУДН, Москва, Россия, yann@mail.ru, ²Горно-геологический факультет университета Скопье, г.Штип, Македония

На северо-востоке Македонии в Сербско-Македонской рудной провинции известны крупные месторождения свинца и цинка Саса и Тораница. Месторождение Саса открыто в 1954 г., добыча руды - с 1966 г. Содержание металла (Pb+Zn) – 8 %. Запасы составляют 27.5 млн. т. Месторождение Тораница разведано с 1974 г., эксплуатация – с 1987 г. На 1995 г. запасы руды составляют 12,6 млн т, содержание Pb - 4,47%, Zn -2,93%, Ag – 20 г/т.

Месторождения находятся в одной структурно-металлогенической зоне Бесна Кобила-Осогово почти меридионального направления. Тораница занимает северную, а Саса - южную часть этой структуры. В геологическом строении рудного района участвуют докембрийские метаморфические породы, представленные гнейсами, слюдяными сланцами, кварцитами, амфиболитами и метабазитами. На докембрийских залегают породы, относящиеся к зеленосланцевой фации метаморфизма, по возрасту отвечающие рифею-кембрию. Палеозойские метаморфические и магматические породы (кварц-графитовые, хлорит-серицитовые сланцы с прослоями известняков) лежат трансгрессивно на древних комплексах. Породы третичного и четвертичного возраста представлены конгломератами, алевролитами, глинами и песчаниками, а также вулканитами среднего и кислого состава (Bogojevski, 1967).

Рудоотложению предшествовали региональный и контактовый метаморфизм. Сульфидная руда наложена на метасоматически измененные породы. Рудные тела имеют четкий литологический, структурный и магматический контроль, хотя локализованы на разных гипсометрических уровнях. Промышленные руды приурочены к контактам кварц-графитовых сланцев с гнейсами, известняками и дайками кварц-латитов (возраст 18-20 млн. лет). Рудные тела образуют ленты, пласты, линзы, залежи неправильной формы, мощностью от 1 до 20 м., простирание - северо-западное или близкое к меридиональному, что отвечает направлению структурно-металлогенической зоны. Протяженность отдельных рудных тел - от 150 до 1800 м.

В рудах установлены более 70 минералов, близкие по составу минеральные парагенезисы и закономерная их смена во времени и пространстве. Различия объясняются уровнями развития оруденения и обновлением структур на глубине (участок Голема река, месторождение Саса). Процесс рудообразования был прерывистым. На месторождении Тораница выделены три стадии: кварц-пирротин-пирит-сфалеритовая (370-320⁰С), кварц-кальцит-сфалерит-галенитовая (250-190⁰С) и кварц-барит-кальцитовая. Руды месторождения Саса формировались в том же температурном режиме в течение четырех стадий: кварц-пирротин-пирит-сфалеритовая, карбонат-пирит-марказит-магнетитовая, кварц-кальцит-пирит-блеклая руда-халькопирит-сфалерит-галенитовая и кварц-карбонатная.

Фракционирование изотопного состава серы, углерода и кислорода указывает на вероятное участие в рудном процессе разных по происхождению вод: магматических, метаморфических и метеорных.

Литература

Bogojevski K. Metallogeny of the tertiary magmatism in the area of Osogovo-Besna Kobila//Rep. 6th symp. Skopje, 1967. P.81-97.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УЛАНБУЛАГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ РУД В БАЯНХОНГОРСКОЙ ОФИОЛИТОВОЙ ЗОНЕ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ МОНГОЛИЯ)

Доржнамжаа Д., Воинков Д.М.

В целом за 40 лет изучения стратиграфии Монголии получено чрезвычайно много данных почти по всем возрастным интервалам, но особенно как нам представляется по верхнему докембрию и нижнему кембрию, уж не считая остальные подразделения палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Эти данные уже в настоящее время позволяют создать единую стратиграфическую легенду для территории страны, применимую для составления геологических карт масштаба 1:200000 и 1:50000.

Отложения венда и кембрия подробно расчленены на основании различных новых находок морской бесскелетной фауны и особенно в последние годы палеоихнологических данных и бактериальных матов под руководством академика А.Ю.Розанова.

В составе вендско-кембрийских отложений различных районов территории Монголии выделяется три основных типа разрезов: первый, существенно вулканогенный, второй, терригенно-карбонатно-вулканогенный и третий, преимущественно карбонатный. Первый наиболее глубоководный вулканогенный океанический тип разреза характерен для Озерной, Джидинской и Баянхонгорской зон. Остальные умеренно-глубоководные и мелководные морские типы разрезов хорошо известны в пределах Хубсугульской, Дзабханской и Среднегобийской структурно-фациальных зон. Наш доклад будет касаться Баянхонгорской офиолитовой зоны, которая характеризуется в основном глубоководными островодужными лавами среднего и основного состава. Сама зона протягивается в северо-западном направлении между герцинскими структурами Хангайского прогиба и структурами древнего архейско-протерозойского основания Байдрагинского выступа. Её длина составляет 400 км при ширине от 5 до 20 км.

Наш Уланбулагский район, сложенный вендско-кембрийскими отложениями, расположен в северо-западной части Баянхонгорской зоны. В результате многолетних исследований нам удалось выявить весьма интересные и экономически перспективные золото-сульфидоносные залежи и горизонты в изученных разрезах района. Главное место в этом районе занимает преимущественно островодужный комплекс, в состав которого входят породы нижележащей гучинской и вышележащей баянхонгорской свиты.

В состав гучинской свиты мощностью 1000 м включены породы граувакково-флишеидной (вулканогенно-терригенной) толщи, развитой в юго-восточной части района. Вендский возраст свиты обоснован находками микрофоссилий (Килдинелла, Протоспаеридиум и др.).

Баянхонгорская свита мощностью около 3000 м, развитая на большей части территории, сложена вулканитами преимущественно спилито-диабазового и базальтового состава, часто с характерной шаровой отдельностью. В графитистых яшмоидных сланцах Т.Н.Герман и Б.В.Тимофеевым были обнаружены микрофоссилии и другие радиоляриевые кремнеземные остатки венда-нижнего кембрия. Имеются новые данные о возрасте кумулятивной серии офиолитового разреза, который оценивается в 665 млн.лет. Кроме того, в подушечных лавах были обнаружены спиккулы губок. Все это не противоречит вендско-нижнекембрийскому возрасту баянхонгорской свиты. Взаимоотношение свиты с породами гучинской-тектоническое.

Теперь разрешите мне привлечь Ваше внимание к нашей аргументации о выявлении Уланбулагского рудного поля, которое тесно связано с формированием вулканогенных пород Баянхонгорской свиты.

Названное нами Уланбулагское золото-медноколчеданное рудное поле выявлено в 1997 г. К настоящему времени для площади рудного поля составлена крупномасштабная геологическая карта и осуществлено площадное геохимическое опробование. Проведены детальные геофизические профили методом ВП и бурение первой поисковой скважины глубиной 215 м с целью выяснения и уточнения литолого-стратиграфического разреза, морфолого-генетического типа рудной минерализации и стадийности рудообразования.

Площадь рудного поля составляет 6,0 x 3,0 км. В результате всех видов проведенных исследований удалось выделить Южный (Оньт) и Северный (Арцат) рудоносные блоки с золото-медноколчеданным типом оруденения.

В результате многочисленных спектральных, химических и других аналитических исследований установлено содержание меди от 0,1 до 7,1%, среднее около 1,0%, золота от 0,12 до 14,6 g/t, серебра до 25,73 g/t в различных частях рудного поля.

Основной минеральный состав руд: пирит, халькопирит, сфалерит, халькозин, сфалерит, ковеллин, борнит и др. В зоне окисления рудах встречаются: малахит, азурит, хризоколла, куприт, тенорит, бирюза, брошантит, ярозит, гетит, гематит и лимонит.

Бурение первой скважины до 215 м в пределах участка Оньт дало возможность установить наличие штокверка прожилково-вкрапленных руд. Макроскопически по шаровой отдельности отмечается развитие массивной сульфидной минерализации. Под микроскопом видно, как сульфидно-кварцевая минерализация развита между обломками пород, подчеркивая брекчиевидный облик. В обломках пород наблюдается тонкорассеянная вкрапленность сульфидов.

Выводы.

На основании изложенного можно сделать следующее заключение:

1. Новые данные получены в результате ревизии разрезов граувакково-флишоидных и вулканогенных образований, формировавшихся в обстановке островных дуг и окраинных морей, узлового Уланбулагского района Баянхонгорской офиолитовой зоны, отнесенных в литературе к венду-нижнему кембрию.
2. Детальное изучение керна первой скважины, пробуренной на участке Оньт-1 показало наличие вариации от толеитовых базальтов окраинных бассейнов до островодужных известково-щелочных вулканитов с ассоциирующими образованиями переотложенных пиллоу-брекчий и вулканокластитов андезито-базальтового состава.
3. В вендско-раннекембрийской стадии в изученных районах преобладали рифтогенно-островодужные режимы, которые сопровождались активным вулканизмом преимущественно андезито-базальтоидного профиля с образованием медно-колчеданной (золото-медно-колчеданной) минерализации. Это свидетельствует о перспективности изучаемого района на обнаружение промышленных колчеданных руд с золотой минерализацией.
4. Уникальное Уланбулагское рудное поле, впервые выявленное нами и изученное в последние годы различными методами, представляет большой практический интерес и заслуживает дальнейшей детальной разведки с целью подсчета промышленных запасов меди и золота.

ДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУР ЗОЛОТО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЕРХОЯНЬЯ

Задорожный Д.Н.

ФГУП ЦНИГРИ, Москва, Россия, geo-zadorozhny@yandex.ru

Золото-редкометалльное оруденение Верхоянья генетически связано с проявлениями гранитоидного магматизма позднемезозойского возраста. Согласно современным представлениям формирование интрузивных комплексов гранитоидов происходило в обстановке коллизии Колымо-Омолонского супертеррейна с пассивной окраиной Сибирской платформы. Проведенные структурные исследования показывают, что, несмотря на общую геодинамическую обстановку рудообразования, в пределах Верхоянья выделяются области с различными режимами деформирования.

Месторождение Эргелях расположено в пределах структур Яно-Колымского складчатого пояса. Проявления золото-редкометалльной минерализации контролируются Адыча-Тарынской зоной разломов СЗ простирания, в пределах которой локализуется поперечный ряд гранитоидов раннемелового возраста. Жильно-прожилковые тела висмут-сульфотеллуридно-кварцевого состава локализуются в зонах дробления северо-восточного и северо-западного простирания среди гранодиоритов и ороговикованных пород (Гамянин и др., 2003). Структурными исследованиями вдоль жил установлены разнонаправленные лево- и правосдвиговые перемещения, которые сопровождалась ранней золото-редкометалльной и поздней золото-серебряной минерализацией. Смена сдвиговых деформаций установлена в структурах других золото-редкометалльных проявлений Адыча-Тарынской зоны - Штоковое и Висмутовое.

Месторождение Галечное расположено в пределах структур Эльги-Адычанской зоны пологих дислокаций. Главной рудоконтролирующей структурой является зона Дербек-Нельгесинского разлома СВ простирания, в осевой части которой локализуются интрузивные тела гранитоидов раннемелового возраста. Золото-редкометалльная минерализация приурочена к юго-восточному контакту массива гранодиоритов в виде серии сближенных жил и прожилков висмут-сульфотеллуридно-кварцевого состава. Жильно-прожилковые тела локализуются в трещинных структурах субмеридиональной левосдвиговой зоны, формирование которой сопряжено с правосторонними перемещениями по разломам северо-восточного простирания. Синхронно с этими правосдвиговыми деформациями формировались структуры других золото-редкометалльных проявлений Дербек-Нельгесинской зоны: Сордонг, Учасын.

Месторождение Аркачан расположено в пределах складчато-надвиговых структур Верхоянского пояса. Проявления золото-редкометалльной минерализации приурочены к нескрытому интрузивному телу, предполагаемому на глубине около 1,5 км. Зоны прожилкования висмут-сидерит-полисульфидного состава локализуются в трещинах отрыва, которые сформировались и испытали повторное раскрытие в области кулисного перекрытия разломов сдвиговой кинематики – ранние правосдвиговые деформации в С-СЗ зоне Кыгылтасского разлома и поздние право-сдвиговые деформации в В-СВ зоне Северо-Тирехтяхского разлома.

Анализ структур золото-редкометалльных месторождений показывает, что внедрение массивов гранитоидов, по-видимому, происходило в условиях «мягкого штампа» в обстановке активной тектонической «рамы», которая определяла развитие рудолокализирующих структур, как в гранитах, так и во вмещающих породах.

Литература

Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бахарев А.Г. и др. Условия зарождения и эволюции гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозоидах Северо-Востока Азии. Магадан: СКВНИИ ДВО РАН, 2003.

СТРУКТУРЫ ПЛУТОНОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Знаменский С.Е.

ИГ УНЦ РАН, Уф, Россия, Znamensky_Sergey@mail.ru

Золото-сульфидно-кварцевые месторождения плутоногенно-гидротермального генезиса известны в Магнитогорской и Восточно-Уральской мегазонах восточного склона Южного Урала. В Магнитогорской мегазоне месторождения рассматриваемого типа парагенетически связаны главным образом с позднепалеозойскими комплексами малых интрузий и даек. Ведущим рудоконтролирующим фактором при формировании золото-сульфидно-кварцевого оруденения служили сдвиговые деформации, что обусловлено региональным режимом левосторонней транспрессии, существовавшим в мегазоне в конце позднего палеозоя (Знаменский, 2008). Условия локализации оруденения в значительной мере определялись степенью тектонической зрелости сдвиговых нарушений. Месторождения отличаются большим разнообразием типов рудовмещающих структур. К числу наиболее распространенных среди них могут быть отнесены следующие (Знаменский, 2009): 1) отдельные сдвиги, сопровождающиеся системами оперяющих разрывов (Идрис, Сиратур); 2) дуплексы растяжения, локализованные на ступенчатых перекрытиях и изгибах сдвигов (Тукан, Большой и Малый Каран); 3) узлы пересечения зон малоамплитудных сдвиговых нарушений (Рытовские жилы).

В Восточно-Уральской мегазоне золото-сульфидно-кварцевые месторождения ассоциируются с массивами тоналит-гранодиоритовой формации (С₁₋₂). Формирование оруденения происходило в региональном тектоническом режиме близширотного сжатия (Знаменский, 2009). В такой геодинамической обстановке интрузивные массивы играли роль компетентных тел, в которых концентрировались тектонические деформации и рудоносные флюиды. Внутри массивов, испытывавших внешнее латеральное сжатие, размещение золото-сульфидно-кварцевого оруденения контролировалось надвиговыми, сдвиговыми и комбинированными полями палеонапряжений. С первым типом трехосного напряженного состояния связано формирование рудоносного парагенезиса, включающего парную систему надвиговых и взбросо-надвиговых нарушений (Джетыгара), со вторым – двух сопряженных систем сдвигов (Кочкарское рудное поле), а с третьим – пирамид сжатия, сочетающих надвиги, сдвиги и крутопадающие отрывы (Айдырля). Наиболее продуктивным динамическим режимом на золотое оруденение являлся режим горизонтального сдвига. Важную роль в размещении оруденения играла петрофизическая анизотропия среды, обусловленная наличием большого количества дорудных даек. Установлено, что Кочкарское месторождение мирового класса локализовано в трансенсивной сдвиговой зоне, состоящей из разнопорядковых дуплексов растяжения (Знаменский, Серавкин, 2005). Дуплексы образованы R-сколами Риделя и наложенными на них продольными Y-сдвигами.

Литература

Знаменский С.Е., Серавкин И.Б. «Структурная ловушка» золоторудного месторождения Кочкарь (Южный Урал) // Доклады АН. 2005. Т. 403. № 6. С. 788–791.
Знаменский С.Е. Структурная эволюция Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) в позднем палеозое // Доклады АН. 2008. Т. 420. № 1. С. 85–88.
Знаменский С.Е. Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала. Уфа: «Гилем», 2009, 348 с.

ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАТИНОВОМЕТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛЬСКОГО ТИПА

Иванов К.С., Волченко Ю.А., Коротеев В.А.

ИГГ УрО РАН, Екатеринбург, Россия, ivanovks@igg.uran.ru

Платиноносный пояс Урала имеет островодужную природу [Иванов, Шмелев, 1994 и др.] и сложен продуктами кристаллизации разноглубинных выплавок, генерированных над зоной субдукции позднеордовикско-раннесилурийского возраста. Основная часть дунитов, клинопироксенитов и оливин-анортитовых габбро Пояса образовалась в результате взаимодействия андезитовидных расплавов, поднимающихся от зоны субдукции, с ультраосновными породами «мантийного клина». Структурная эволюция массивов проходила при падающих температурах и давлениях. Преобладали два процесса: 1) подъем остывающих диапиров в зону верхней коры и 2) более поздние левосдвиговые деформации, формирующие линейно-вытянутые массивы. Широко проявленный в Поясе метасоматоз и водный метаморфизм амфиболитовой и зеленосланцевой фаций были вызваны потоком флюидов (первично – океанических вод), поднимающихся от зоны субдукции. Эти флюиды обусловили и отмечаемые [Иванов, 1997, Волченко и др., 2007 и др.] миграцию и перераспределение ЭПГ. Образование и преобразование хромит-платинометальных руд в рамках постмагматического этапа [Бетехтин, 1935 и др.]. Накопленные более, чем за 100 лет данные приводят нас к выводу, что для платинометальных месторождений уральского типа хорошо применима генеральная модель образования гидротермальных месторождений С.Н.Иванова [1970]. Решающей физической причиной образования месторождений является не кондуктивное охлаждение поднимающихся из недр флюидов, а их локальный переход из существующей в земной коре зоны литостатических давлений в зону гидростатически сдавленных лишь собственным весом порово-трещинных флюидов. При этом главной, непосредственной причиной оруденения является резкое падение давления, а в некоторых случаях – как следствие и температуры (дрессельный эффект Джоуля-Томсона). Наиболее интенсивно рудообразование происходит при пересечении плотной переходной зоны между литостатическим и гидростатическим давлением на флюид. Глубина этой зоны варьирует (в зависимости от прочности пород и др.) от 5 до 12-15 км. Именно с этой зоной и механизмом и связано формирование платинометального оруденения уральского типа. В пользу рудообразования при резком падении давления говорят признаки быстрого выпадения рудного вещества: платиновые самородки, колломорфные структуры руд (указывающие на сильное опережение выпадения рудного вещества по сравнению с процессом роста кристаллов) и др.

Исследования выполняются в рамках Программы ОНЗ РАН №2, при поддержке РФФИ (грант 09-05-12035-офи_м).

Литература

- Бетехтин А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы. М.: АН, 1935. 148 с.
Волченко Ю.А., Иванов К.С., Коротеев В.А., Оже Т. Структурно-вещественная эволюция комплексов Платиноносного пояса Урала (ч.1)//Литосфера 2007. №3. С. 3-31; (ч.2)//Литосфера, 2007. №4, С. 73-101.
Иванов К.С., Шмелев В.Р. К вопросу о природе Платиноносного пояса Урала//Ежегодник ИГиГ-1993, Екатеринбург: УрО РАН, 1994. С.17-20.
Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала: минералогия, петрология, генезис. Екатеринбург: УрГУ, 1997. 488 с.

Иванов С.Н. О причинах образования гидротермальных рудных месторождений//Закономерности размещения полезных ископаемых. Т.IX. М.:Наука. 1970. С.20-47.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДОРА-ПИЛЬСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ, ВОСТОЧНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ

Имамендинов Б.Н.

ФГУП «ЦНИГРИ», Москва, РФ

Дора-Пильское золоторудное поле (ДПЗП) расположено в восточной части Тарынского рудно-россыпного узла, выделяемого в юго-восточном замыкании Адыча-Тарынской золото-сурьмяной металлогенической зоны. ДПЗП охватывает площадь россыпных месторождений золота в долине р. Б.Тарын и ее лев. притоков с суммарными запасами >45т. ДПЗП включает в себя участки «Дражный» и «Зона Левобережная». По периферии расположен ряд рудопроявлений Пиль, Клык, Возвратный, Стрела (межпластовые жилы (0,3-1,5м)) и Дора (зона сетчатого внутрисластового прожилкования).

ДПЗП расположено на сочленении Тарынской мегасинклинали и Нельканского брахиантиклинория. Рудоконтролирующие структуры ДПЗП образованы пересечением системы близпараллельных северо-западных тектонических швов и северного замыкания Пильской антиклинали (25x12 км) вытянутой в субмеридиональном направлении. Рудовмещающие породы представлены норийскими алевролитами с прослоями песчаников прорванных единичными дорудными дайками юрского комплекса среднего и основного состава. ДПЗП по геофизическим данным расположено в краевой части гранитоидного плутона залегающего на глубине 2-3км. Центральная часть рудного поля фиксируется геохимическими аномалиями Au, As, Cu, периферические – Pb, Zn, Sb.

В результате проведенных в 2004-2006 гг работ нами. установлено, что рудные зоны состоят из нескольких субпараллельных, сходящихся и разветвляющихся разрывов, расположенных на расстоянии 50-200м и ограничивающих линзовидные блоки пород, в разной степени насыщенные рудными телами различных морфологических типов: Короткие линзы, приуроченные к пологим трещинам отрыва в замках складок (содержание Au 10-15г/т). Полого залегающие метасоматические ореолы кварцевого прожилкования и вкрапленной сульфидизации (пирит и арсенопирит). Мощность ореолов 5-30м содержания Au 3-5г/т. Субвертикальные зоны смятия и дробления глинисто-щебнистого состава с обломками кварцевых жил и прожилков. Мощность зон 5-10м. Золотоносность зон дробления определяется количеством обломков жил продуктивной ассоциации. Протяженность отдельных рудных зон составляет 1-3км и более. Основная доля прогнозных ресурсов сосредоточена в пологих залежах прожилково-вкрапленных руд. Рудные тела сложены кварцем (95-100% жильного выполнения), Fe-доломитом, сидероплезитом, пистомезитом, анкеритом, репидолитом, серицитом, пиритом, арсенопиритом. В количестве менее 1% присутствуют золото, галенит, сфалерит, тетраэдрит, халькопирит, антимонит, бурнонит, буланжерит, менегинит. В единичных случаях наблюдались кобальтин, никелин и бравоит. Сульфидность руд 3-5%. Метасоматические преобразования вмещающих пород относятся к березитовой формации и имеют зональность характерную для золото-кварцевых месторождений терригенных и черносланцевых комплексов.

Проведенные исследования позволяют характеризовать рудные тела ДПЗП как типичные образования золото-кварцевой малосульфидной рудной формации. Появление нехарактерных для золото-кварцевой формации сульфидов никеля и кобальта можно объяснить влиянием соседних (25-30 км) металлогенических зон характеризующихся развитием золото-редкометалльных (Au-Bi-Te) месторождений для которых Co-Ni-минерализация является типоморфной.

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О НЕТИПИЧНОЙ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ШАТАКСКОГО КОМПЛЕКСА (ЗАПАДНЫЙ СКЛОН ЮЖНОГО УРАЛА)

Ковалев С.Г.

ИГ УНЦ РАН, Россия, kovalev@anrb.ru

Рудоносные отложения Шатакского комплекса, расположенного в пределах Башкирского мегантиклинория (западный склон Южного Урала) прослеживаются в виде субмеридиональной полосы на расстоянии свыше 11 км и представлены переслаиванием пачек конгломератов, песчаников и диабазов. Для терригенных пород, входящих в состав рудных толщ (грубообломочные породы кузьелгинской и каранской подсвет), характерна своеобразная геохимическая специализация). В них наблюдаются аномальные содержания таких элементов, как As, Se, Sn, Te, V, Cr, Ni, Co, Mn, Cu и Zn. Количество благородных металлов превышает кларк земной коры: Pt и Pd – на 2-2,5 порядка, Au на 3-3,5 порядков. По минеральным парагенезисам, слагающим осадочные породы и характеру рудной минерализации, в их составе выделяются две разновидности – гематитовые и магнетитовые. Исследования первых показало, что в монофракциях гематита, отобранных из цемента конгломератов нижней толщи кузьелгинской подсветы содержится до 10,77 г/т Au и 1,12 г/т Ag. В валовых пробах содержание Au составляет 1,8 г/т, Ag – 1,4 г/т, Pt – до 1,25 г/т, Pd – до 0,35 г/т, при массовой доле Fe – 8,22%. В конгломератах с магнетитом рудная минерализация, приуроченная как к цементу, так и к галькам, представлена идиоморфными кристаллами магнетита, в монофракции которого содержание Au составляет 4,9 г/т, а Ag – 0,2 г/т. В валовых пробах количества благородных металлов составляют: Pt – до 1,75 г/т, Pd – до 0,30 г/т, Au – до 2,15 г/т, Ag – до 5,25 г/т, при массовой доле Fe – 6,54 %. В обоих типах конгломератов встречены включения самородного золота, приуроченные к хлорит-железистым выделениям, цементирующим зерна кварца. Форма золотин-неправильная с резко изрезанными краями, дендритовидная, каплевидная. Размер их в основной массе 1-5 мкм, но встречаются и более крупные выделения. Рентгеноструктурным анализом было установлено, что золото обладает слабо выраженными магнитными свойствами. Повышенные содержания благородных металлов в конгломератах хорошо коррелируются с присутствием их в составе оксигидроксидов железа, в которых микронзондовым анализом установлены значимые содержания Au, Pt, Pd, и Rh, а также самородного железа состава (в ат. %): Fe – 97,62-99,33; Mn – 0,54; Au – 0,3-0,33; Pt – 0,4 и Cr – 0,34-1,14.

В 2008 году при детальных геохимических исследованиях было установлено, что магматические породы (метабазальты и диабазы) и «переслаивающиеся» с ними грубообломочные отложения (песчаники и конгломераты), залегающие в основании комплекса, характеризуются аномальными содержаниями Os, превышающими мантийные в 3-4 раза. Анализ литературных данных показал, что на сегодняшний день аналоги такого типа геохимической специализации структурно-вещественных комплексов в мире отсутствуют. В то же время, на наш взгляд, данные материалы являются подтверждением предлагаемого нами механизма формирования благороднометалльного оруденения, основой которого является положение о проработке осадочного субстрата флюидной фазой, имеющей мантийную природу (Ковалев, Высоцкий, 2004).

Литература

Ковалев С.Г., Высоцкий И.В. Новый тип оруденения в докембрийских конгломератах западного склона Южного Урала // ДАН, 2004, № 4, т. 395. С. 503-506.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ Pt-Cu-Ni МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ТРАППОВОГО МАГМАТИЗМА В НОРИЛЬСКОМ РАЙОНЕ

Криволицкая Н.А., Соболев А.В.

ГЕОХИ РАН, *nakriv@mail.ru*, Москва, Россия

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 07-05-01007 и 09-05-01193).

Образование огромного объема сульфидных руд, приуроченных к маломощным телам габбро-долеритов в Норильском районе, объясняется в рамках двух разных моделей. Первая из них (Дюжиков и др., 1988) рассматривает накопление сульфидного вещества в условиях самостоятельной закрытой глубинной камеры, образованной высокомагнезиальным расплавом, обогащенным летучими и рудными компонентами. Согласно второй модели (Naldrett, 1992), образование сульфидных минералов происходит в открытой проточной магматической системе из толеитового расплава. Для аргументированного суждения об условиях формирования уникальных Pt-Cu-Ni месторождений необходимо достоверно определить временные соотношения эффузивных и интрузивных пород и состав исходных магм для рудоносных массивов и вулканитов. Трудность решения этой проблемы определяется редкостью обнаружения непосредственных геологических взаимоотношений между эффузивами и интрузивами.

В ходе многолетних исследований магматических пород в Норильском районе авторами получены новые результаты по строению туфо-лавовой толщи, ее соотношению с интрузивами, а также по составам исходных расплавов для пикритовых базальтов и пикритовых габбро-долеритов. Основные выводы сводятся к следующему:

1. На основании изучения геохимических особенностей пород туфо-лавовой толщи, их распространенности в пределах района выделены 6 этапов вулканизма, в ходе которых были образованы свиты: 1) ивакинская-сыверминская, 2) гудчихинская, 3) хаканчанская, 4) туклонская, 5) нижненадеждинская, 6) средне-верхненадеждинская – самоедская.

2. Изучение взаимоотношений интрузивных пород (Масловский интрузив) и вулканитов свидетельствует как минимум о поздне-нижненадеждинском времени образования рудоносных интрузивов (Криволицкая, Рудакова, 2009).

3. Исследование магматических включений в ранних ликвидусных фазах, а также состав оливинов из рудоносных интрузивов свидетельствуют об аномальном составе сформировавших их расплавов: существенной обогащенности редкими и редкоземельными элементами (Криволицкая, Соболев, 2001).

4. Составы расплавов, сформировавших рудоносные интрузивы, существенно отличаются от составов пикритовых лав гудчихинской свиты (Соболев и др., 2009), которые рассматриваются рядом исследователей в качестве комагматичных образований

Литература

Дюжиков и др. Геология и рудоносность Норильского района. М.: Наука. 1988. 235 с.

Naldrett A.J. // *Econ. Geol.* 1992. V. 87. P. 1945-1962.

Криволицкая Н.А., Рудакова А.В. Строение и геохимические особенности пород трапповой формации Норильской мульды (СЗ Сибирской платформы) // *Геохимия*. 2009. № 7. С. 675-698.

Криволицкая Н.А., Соболев А.В. Магматические включения в оливинах норильских интрузивов (Северо-Запад Сибирской платформы) как источник информации об исходных расплавах // *ДАН*. 2001, т.381, № 3, с.393-398.

Соболев А.В., Криволицкая Н.А., Кузьмин Д.В. Петрология родоначальных расплавов и мантийных источников магм Сибирской трапповой провинции // Петрология. 2009. Т. 17. № 3. С. 276-310.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ НА НЕЖДАНИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.

Кулагина Л.А.

*ГОУ ВПО «Якутский государственный университет»,
г. Якутск, Республика Саха (Якутия).*

Нежданинское месторождение приурочено к Аллах-Юньскому золотоносному поясу расположенному вдоль западного борта Южно-Верхоянского синклинория, являющегося юго-западной ветвью мезозоид Верхояно-Колымской орогенной области.

Основной пликативной структурой района и месторождения является ассиметричная Дыбинская антиклиналь, осложненная купольным поднятием первого порядка, охватывающим площадь междуречья Тыры-Дыбы. Купольное поднятие I порядка осложнено купольными поднятиями II порядка – Дыбинским на севере и Нежданинским на юге. Купольные поднятия I и II порядка ограничены кольцевыми разломами, являющимися целостными замкнутыми системами, ограниченными на поверхности проекциями ослабленных зон, связанных с приподнятыми блоками.

Складчато-купальное строение района осложнено линейными разломами, среди которых выделяются системы крутопадающих нарушений северо-восточного, субдолготного, субширотного и северо-восточного простираний. Распределение разломов по площади неравномерное. Различен и их ранг. Однако, общая их совокупность, включая и кольцевые разломы, формирует деструктивные зоны района и месторождения (ДЗЗК). Степень деструкции в пределах района разная, определяемая интенсивностью разрушения пород разноранговыми разломами, что привело к формированию участков самых разных иерархических уровней. По масштабу и степени деструкции в пределах района выделяется зона низкой деструкции, ограниченная границей купольного поднятия I порядка, осложненная на севере и на юге деструктивными зонами II порядка с высокой степенью деструкции.

Основными рудовмещающими структурами являются субдолготные и северо-восточные разломы. Однако, размещение оруденения в разрывных нарушениях неравномерное и обусловлено влиянием нескольких факторов:

1. Обогащенные участки приурочены к участкам разломов, расположенных в зонах повышенной деструкции.
2. В зонах повышенной деструкции благоприятными участками для размещения оруденения являются:
 - участки пересечения и причленения субдолготных разломов с северо-восточными и кольцевыми разломами;
 - участки приоткрывания субдолготных разломов;
3. Морфологическими особенностями разрывных нарушений.

С учетом перечисленных факторов границы распределения оруденения в рудных зонах представляют собой серию рудных столбов.

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

**Лебедев В.В., Рудаков В.В., Миловский Г.А.,
Кореньюк М.К., Шайбакова Л.А., Филиппов Д.В.**

Научный геоинформационный центр РАН, Москва

Золотодобывающая компания «Полюс», Москва

Тел. (495)6910992, oregas@mail.ru

В результате дешифрирования материалов космической съемки в пределах Яно-Колымского пояса установлено, что сингенетичные золото-сурьмяные месторождения с наибольшими запасами золота локализованы в узлах сопряжения Яно-Колымского глубинного разлома и наиболее крупных ортогональных (трансформных) разломов. Предложена модель формирования месторождений Яно-Колымского пояса: механизм конвективного энерго-масса переноса обеспечивал вынос золота из углеродистых терригенных пермско-триасовых толщ с последующим отложением рудного вещества на границе резкой смены физико-химических условий в придонной части Яно-Колымского палеорифта. Собственно золотые месторождения, локализованные в узлах пересечения крупных разломов, имеют полигенный генезис, обусловленный переработкой и переотложением первичных руд под воздействием раннемеловых гранитоидных интрузий.

Перспективы Куларского рудного района могут быть существенно увеличены по мере обработки космогеологической информации с целью определения узлов пересечения Яно-Колымского глубинного разлома и зон линейных дислокаций северо-восточного простирания, в пределах которых формируются крупные месторождения золота, локализованные в пермско-триасовых терригенно-черносланцевых отложениях.

В Охотско-Чукотском вулканогенном поясе на основе космогеологического изучения эталонного месторождения Купол выявлены две золотоперспективных площади – Верхнеануйская и Чааваамская, локализованные в пределах локальных кольцевых структур, расположенных в узлах пересечения глубинных меридиональных разломов и оперяющих их дизъюнктивов северо-восточного простирания.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ УНИКАЛЬНОГО Pb-Zn-Ag МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛЕНГ ШУЙ КЕНГ (ЮВ КИТАЙ)

Лей Я.

МГУ им М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Уникальное серебрянно-свинцово-цинковое месторождение Ленг Шуй Кенг с золотом принадлежит Тихоокеанскому металлогеническому поясу. Оно располагается на стыке платформ Янцзы и Хуанань, в северо-западной внешней части вулканического бассейна Юе Фен Шань, на юго-восточном окаймлении континентального вулканического пояса Китая. Регионально рудный район размещается в пределах распространения вулканогенно-осадочных серий северной части полиметаллического пояса гор У и. Географические координаты $27^{\circ}54'21'' \sim 27^{\circ}54'30''$ северной широты и $117^{\circ}11'24'' \sim 117^{\circ}11'54''$ восточной долготы. Общая площадь месторождения составляет около 4 квадратных километров.

В районе месторождения на дневную поверхность выходят докембрийский метаморфический комплекс пород (Z_2), обломочные детритоносные породы нижнего карбона (C_1) и верхнеюрские континентальные вулканические и субвулканические породы (J_3). В данном комплексе рудовмещающими являются именно верхнеюрские породы. В них выделяются два яруса - дагудинский (J_{3d}) и эхулинский (J_{3e}). Нижняя часть дагудинского яруса (J_{3d1}) представлена кристаллическими туфами и туфобрекчиями с карбонатными железомарганцевыми пропластками, а верхняя (J_{3d2}) - андезитами с подошвой из алевролитов и туффитовых песчаников. В эхулинском ярусе нижняя часть (J_{3e1}) сложена кристаллическими туфами с карбонатными железомарганцевыми пропластками; средняя (J_{3e2}) - риолитами, с подошвой из алевролитов и туффитовых песчаников и верхняя (J_{3e3}) - игнимбритами. Весь комплекс - это слоистая вулканокластическая- карбонатно-кремнезёмистая формация.

Структура рудного района представляет собой полого залегающую моноклираль. Рудоконтролирующей является система ортогональных глубинных разломов СВ и СЗ простираний, которые прослеживаются по геофизическим данным в складчатом основании вулканитов. Северо-восточное направление разломов (F_1) и (F_2) контролирует расположение вулканических и субвулканических пород, и принадлежат к региональному разлому Ху Ши и в данном случае к его центральной части. Разлом (F_1) представляет собой сброс с углами падения $60-70^{\circ}$. Направление (F_2) принадлежащая к юго-восточной части регионального разлома – это шарьяж с углами падения в приповерхностной части в $25^{\circ}-30^{\circ}$, с глубиной углы увеличиваются до $45^{\circ}-50^{\circ}$. В данном случае это структура является пологим надвигом докембрийских метаморфических и обломочных каменноугольных пород на юркий вулканический комплекс с перекрытием первыми вторых по субгоризонтальной поверхности. Эта структура является своего рода экраном для флюида несущего рудный компонент и главная рудоконтролирующая структура месторождения. В результате шарьяжа с глубиной образуется серия субразломов, напоминающая перистую структуру. Серия субразломов – по сути проводящая структура для рудонасыщенного флюида. Северо-западное направление разломов – серия раздвигов с углами падения в $50^{\circ}-70^{\circ}$. Длина отдельных разломов от 10 до нескольких сотен метров. Разломы заполнены кварцевыми жильным материалом с серебром и свинцово-цинковым оруденением.

Для рудного района характерно широкое развитие субвулканических тел, сложенных гранит-порфирами, риолит-порфирами, кварц-сиенитовыми порфирами и другими близкими по составу породами. Основные участки оруденения приурочены к гранит-порфирам. Интрузивные образования по форме – штоки и батолиты, местами выходящие на поверхность, с площадью в 0,36 квадратных км. В плане на дневной поверхности они имеют овальную форму с северо-восточным простиранием по длинной стороне и падением на северо-запад. При внедрении на контакте интрузива с

вмещающими породами образуются роговики. Структура интрузива имеет концентрически-зональное строение: для внутренней части характерна хлоритизация и серицитизация, в на контакте – серицит-карбонат-кремнезёмистые породы. Месторождение относится к мезозойскому континентальному вулкано-субвулканическому типу. Была проведена разведка рудных полей, в результате которой выявлены потенциальные ресурсы $16300 \cdot 10^4$ т.; содержание металлов – серебра - 9400 т., свинца и цинк – 3,5 млн. тонн, и установлены значительные запасы сопутствующих элементов: золота, кадмия, серы, железа, марганца и т.д. Процесс формирования рудных тел протекал на два периода: вулканогенно-осадочный и субвулканический гидротермальный. Для вулканогенно-осадочного периода характерно формирование карбонатных минералов и минералов железа и марганца и отложение доломита, кварца, яшм и других осадочных минералов. Фациальное переслаивание и распределение железа и марганца в вулканической толще говорит о стратиформном типе месторождения. Субвулканический период характеризуется порфировым типом оруденения, представленное свинцово-цинковыми с серебром, свинцово-цинковыми, сульфидообогащёнными телами с большим содержанием меди, и сульфидными телами с золотом. Свинцово-цинковые тела с серебром имеют линзовидную форму и располагаются в кровле гранит-порфиров, в центральной части интрузивного тела и в зоне контакта с вмещающими породами. Залегание рудных тел коррелируется с залеганием интрузивного тела и простирается в северо-восточном направлении, с углами падения на поверхности от 10° до 30° и на глубине увеличивается до 35° - 50° . Руды главным образом – вкрапленные, жильные и массивные, очень редко бывают брекчиевые и полосчатые. Минеральный состав руд: аргентит, пираргирит, самородное серебро, самородное золото, галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, магнетит и гематит. Жильный минерал представлен в основном кварцем.

Для месторождения характерны стратиформные железо-марганцевые карбонатные и магнетитовыми рудные тела. Оба типа развиты в пределах верхнеюрской вулканической толщи и формируют Fe-Mn рудные горизонты, содержащие вулканические брекчии, карбонаты Fe-Mn, доломиты, кремнёвые конкреции и фельзитовые туфы. Гидротермальная деятельность второго периода привела к обогащению Fe-Mn слоев серебром, свинцом и цинком. В результате образовались стратиформные Fe-Mn-Ag свинцово-цинковые тела. Рудные тела унаследовали слоистую текстуру пород. Их залегание соответствует положению вулканических пород с углами падения от 5° до 30° . Минеральный состав: Fe-Mn руды содержат карбонатные минералы Fe-Mn в соотношении от 25 ~ 80%, от 8 до 12% магнетита и остальные проценты приходятся на кварц, доломиты, яшмы и др. Fe-Mn руды имеют массивную структуру, редко бывают брекчиевые и полосчатые структуры. Минералы в рудах: магнетит и карбонаты имеют оолитовую и мелкозернистую структуру, ферромарганцевые карбонатные минералы выделяются в колломорфные агрегаты, магнетит местами имеет скелетную кристаллическую структуру. Рудное поле имеет ярко выраженную зональность минерализации. В порфировой рудной зоне она различается от подошвы порфирового интрузивного тела до кровли. Зональность микроэлементов на фронте в прикорневой зоне сменяется последовательно: Mo—Cu—As—Pb—Zn—Cd—(Ag)(As)—Sn—(Cu)—Ag—Mn, из рудного тела до внешней зоны вулканического тела последовательность элементов (Cu, Mo, Sn, Pb, Zn) — (Ag, Pb, Zn, As) — (As, Ag, Mn). В стратиформном рудной зоне зональность элементов прослеживается от контакта с порфировым телом по простирацию пласта — Pb—Zn—Ag, Mn—As. Состав флюида определён методом термобарогеохимии. Во время вулканогенно-осадочной стадии рудообразования состав гидротермального раствора в большей степени характеризовался наличием Ca, Mg и K, с высоким содержанием H₂O, CO₂, CO флюида и других летучих компонентов. В субвулканический период гидротермальный раствор также был относительно богат Ca, Mg и K, а для более поздней стадии характерно наличие флюидов F⁻, SO₄²⁻, и с высоким содержанием CO₂, CO

и другие летучих компонентов. Соленость флюида составляет 5,7 ~ 35Wt% NaCl, что говорит о 2-х типах жидкостей – с низкой соленостью и средне-высокой соленостью. В породообразующих минералах температура плавления твердых включений в порфириной зоне соответствует температурам 835° ~ 930°. В стратиформной зоне минеральные включения, в зависимости от температурных данных можно разделить на железо-марганцевые фазы с температурой 170° ~ 314°, к югу от вулканических образований - магнетитовую фазу высоко-температурного метаморфизма с температурой в 312° ~ 400°. В порфириной зоне медно-серебряная и свинцово-цинковая фаза, а также ранняя фаза сульфида железа характеризуется температурой минерализации на пороге 198° ~ 367°, свинцово-цинковая сульфидная минерализация с температурой 180° ~ 343°, серебряно-свинцово-цинковый сульфидный этап минерализации с температурой 175° ~ 283°. Литостатическое давление составляет 200×105Pa, что соответствует небольшой глубине (не более 0.5~2 км).

На месторождении Ленг Шуй Кенг выделяются 2 типа оруденения. Они оба связаны с приповерхностным гипабиссальными гранит-порфирами, формировавшимися в обстановке регионального сжатия. В поздней юре в юго-восточной части Китая протекала крупномасштабная континентальная вулканическая деятельность. Расплавленная магма поступала по крупным разломам и в вулканическом бассейне Юе Фен Шань формировались многочисленные интрузии. Региональный процесс сжатия и процесс надвига с образованием шарьяжа, привели к образованию межпластового пространства, по которому магма могла поступать вплоть до самой поверхности. В этом пространстве образовались гранит-порфиры и протекали процессы рудогенеза. Во время позднеюрского этапа вулканизма появился региональный вулканогенно-осадочный Fe-Mn горизонт. Благодаря небольшой глубине залегания интрузивного комплекса атмосферная вода поступала в породу и напрямую участвовала в процессе оруденения и в связи с уменьшением температуры и давления рудонасыщенного раствора сложилась благоприятная обстановка для оруденения. В тоже время в раннее сформированных Fe-Mn горизонтах протекал процесс метасоматоза в результате чего образовались Fe-Mn-Sb-Zn-Ag руды. С другой стороны в подошве тела гранит-порфиров идет накопление Cu и Au связанного с некоторым понижением температуры и к центру интрузива переходит к крупномасштабному Sb-Zn оруденению. На контакте интрузива с вмещающими породами при поступлении большего количества атмосферной воды формируются Ag-Sb-Zn руды. В процессе оруденения в порфириновом теле образуется ярко выраженная зональность от центральной части до внешней. Последовательность гидротермально-метасоматических фаций (от центра к периферии): хлорит-серицитовая, серицит-карбонатно-кремнево-пиритовая, карбонатно-серицитовая. Зональность оруденения (от подошвы до кровли): Cu и Au, Sb-Zn оруденение в центральной части и Ag-Sb-Zn в кровле.

ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ЧУМЫШСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)

Литвиненко И.С.

СВКНИИ ДВО РАН, litvinenko@neisri.ru, Магадан, Россия

Чумышский рудно-россыпной узел расположен в средней части Армано-Вилигинской синклинали в области влияния магматогенных структур Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Он приурочен к участку пересечения Умарского, Майманджинского и Танья-Нурского региональных разломов. Развитые в его пределах поздне триасовые и раннеюрские осадочные породы смяты в брахисинклиналию складку, в ядре которой располагаются гранитоиды Чумышского массива, образующие изометричную очаговую структуру. К ней приурочены все известные рудопоявления узла (Чумышское, Осадочное, Тенкели, Пологое, Левое, Забытое, Березовое).

Золотое оруденение приурочено главным образом к зонам дробления, минерализованным кварцем и сульфидами, реже – к участкам площадного окварцевания и зонам кварц-сульфидного прожилкования. Мощность минерализованных зон дробления составляет от 0,5 до 10 м при их протяженности от первых десятков до 300 и более метров. Степень сульфидизации крайне невыдержанна: от убогой вкрапленности до сплошных сульфидных руд, в которых преобладает арсенопирит.

В целом в пределах рудных проявлений узла выделяется три типа рудной минерализации.

Первый (золото-полисульфидный) тип оруденения наибольшим распространением пользуется в центральной части узла. Рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, галенитом, железистым сфалеритом и халькопиритом. По результатам копушного опробования элювиально-склоновых образований на таких участках самородное золото характеризуется преимущественно комковидными и таблитчатыми выделениями зачастую в сростках с гидроксидами железа. Наряду с весьма мелкими, тонкими и пылевидными зёрнами здесь в значительных количествах отмечаются золотины класса 0,25-0,5; 0,5-1,0 и 1,0-2,0 мм. Преобладает золото средней и высокой (800-950) пробы.

Второй тип (золото-редкометальный) отмечается в пределах всего узла. Среди рудных минералов преобладают пирит и арсенопирит, в подчиненном количестве галенит, пирротин, теллурувисмутит, молибденит, сульфотеллуриды Bi, висмутовые сульфосоли Pb и Ag(Au). В качестве микровключений в самородном золоте отмечаются переменного состава сульфиды Au-Ag. Наряду с весьма мелким, тонким и пылевидным золотом, представленным комковидными и таблитчатыми выделениями, здесь в небольшом количестве присутствует таблитчатого облика золотины крупнее 0,25 мм. Основная масса золотин имеет пробу от 650 до 750.

Третий (золото-серебряный) тип рудной минерализации наибольшим распространением пользуется в периферийных частях узла. Среди рудных минералов преобладают пирит, арсенопирит и акантит, в подчиненном количестве присутствует пирротин, халькопирит и сфалерит. В сростках с золотом отмечаются переменного состава сульфиды Au-Ag, по периферии в виде фрагментов каймы – окислы Au-Ag. Золото представлено весьма мелкими, тонкими и пылевидными комковидными, таблитчатыми и пластинчатыми зёрнами двух генераций: весьманизкопробной (450-600) и высокосеребристой (200-400), при преобладании весьманизкопробной.

Тесная пространственная совмещенность всех трех типов минерализации, наличие сростков разнопробных генераций золота, присутствие в теллурувисмутите

свинца, а в галените висмута и серебра указывают, что, вероятно, данные минеральные типы оруденения являются стадиями развития единой рудно-магматической системы.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АУ-КВАРЦЕВОГО ПОДНАДВИГОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАДРАН (ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ).

Оболенский А.А.¹, Гущина Л.В.¹, Серкебаева Е.С.², Томиленко А.А.¹, Гибшер Н.А.¹
¹ИГМ СО РАН, Новосибирск, Россия, gushchina@igm.nsc.ru, ²ИГАБМ СО РАН, Якутск, Россия, serkebaeva@diamond.ysn.ru

Золоторудное месторождение Бадран находится в пределах Адыча-Нерской металлогенической зоны, которая охватывает центральную и юго-восточную части Кулар-Нерского сланцевого пояса. В Адыча-Нерской зоне широко развиты Au-кварцевые малосульфидные метаморфогенно-гидротермальные месторождения, локализованные в надвиговых структурах. Ведущая роль в локализации Au-кварцевых месторождений принадлежит надвиговым структурам, которые сопровождаются локальным развитием коллизионного метаморфизма и формированием рудоносных метаморфогенно-гидротермальных систем, предположительно, с участием глубинных мантийных флюидов (Ridley et al., 2000), обеспечивающих их высокую рудопродуктивность. На основе исследований флюидных включений в кварце методами КР-спектроскопии, газовой хроматографии, термо- и криометрии было определено, что формирование наиболее высокопродуктивной золоторудной ранней I стадии минерализации на месторождении Бадран происходило из гетерогенного флюида при T ниже 320°C и P от 2.0 до 0.1 кбар и ниже при активном участии CO₂, N₂, CH₄, а соленость этого раствора достигала 10 масс.%, NaCl-экв. Минералообразование II стадии (продуктивной на Au) происходило из умеренно хлоридно-сульфидного раствора, оставшегося после гетерогенизации исходного флюида, от температуры 300 до 100°C при P= 0.1 кбар, а поздняя малопродуктивная на золото III стадия была сформирована при охлаждении от 200°C и давлении менее 0.1 кбар. уже из низко хлоридно-сульфидного слабощелочного раствора с соленостью не выше 4.5 масс.%, NaCl-экв. Компьютерное термодинамическое моделирование процессов минералообразования, проведенное с помощью программного комплекса "Chiller", отражает последовательность формирования жил рудообразующей системы и метасоматические изменения пород на глубоких горизонтах месторождения Бадран.

Литература

- Анисимова Г.С. Кондратьева Анисимова Г.С., Кондратьева Л.А., Серкебаева Е.С. Самородное золото месторождения Бадран. Отечественная геология, 2006, № 5, с. 38-47.
- Неустроев Р.Г. Морфогенетические типы рудных тел месторождения Бадран. Отечественная геология, 2003. № 3, с. 33-38.
- Оболенский А.А., Гущина Л.В., Борисенко А.С., Боровиков А.А., Неволько П.А. Компьютерное термодинамическое моделирование переноса и отложения сурьмы и золота при формировании Au-Sb месторождений. Геология и геофизика, 2009, т. 50, №11.
- Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). Москва. Маик, Наука/Интерпериодика, 2001, 571с.
- Томиленко А.А., Гибшер Н.А. Особенности состава флюида в рудных и безрудных зонах Советского кварц-золоторудного месторождения, Енисейский кряж (по данным изучения флюидных включений). Геохимия, 2001, № 2, с. 167-177.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geology Reviews. 1998, №13, p. 7-27.
- Ridley J.R., Diamond L.W. Fluid chemistry of orogenic lode gold deposits and implications for genetic models. SEG Reviews, 2000, v. 13, p. 141-162.

ВУЛКАНОГЕННЫЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА КОНТИНЕНТ-ОКЕАН (КАМЧАТКА, ЯПОНИЯ)

Округин¹ В.М., Андреева¹ Е.Д., ¹ Ким А.У., ¹ Пузанков И.М., ¹ Шишканова К.О.,
Матсуеда² Х., Оно² Ш., Такахаша³ Р., ³ Ватанабе К.

¹ИВУС ДВО, Петропавловск-Камчатский, Россия, okrugin@emsd.ru,
УНИВЕРСИТЕТЫ: ²Саппоро, ³Фукуока Япония, matsueda@museum.hokudai.ac.jp

Тихоокеанское Огненное кольцо – наиболее активная и сложная по своему геодинамическому состоянию, формам трансформации вещества и энергии, планетарная структура, приуроченная к зоне перехода континент-океан. В ее пределах локализованы гигантские запасы полезных ископаемых.

Северо-западная часть этой зоны перехода континент-океан отличается удивительным многообразием эндогенных месторождений: от магматических хромитовых, медно-никелевых до гидротермальных, сформировавшихся в широком интервале температур и давлений. Это в первую очередь - оловорудные, медно-порфировые, золото-кварцевые, золото-серебряные, серебро-полиметаллические, комплексные золото-серебро-полиметаллические и золото-сурьмяно-ртутные.

Особый научный и практический интерес вызывают кайнозойские гидротермальные месторождения благородных и цветных металлов, локализованные в областях современной и палеовулканической деятельности кайнозоя. Среди них выделяются две группы: вулканогенные полиметаллические (комплексные) жильные и эпитеермальные. Вулканогенные полиметаллические жильные: Мутновское, Мир, серия сереброносных проявлений Ичигин-Уннейваямского района (Камчатка), Тойоха (Япония). Эпитеермальные подразделяются на жильные золото-адуляр-серицит-карбонат-кварцевые (тип low-sulfidation, LWS) и золото-каолинит-алунитовые (high sulfidation, HS). Первый тип, наиболее распространенный: Аметистовое, Кумроч, Озерновское (Хомут, Каюрковское), Эруваямское, Агинское, Бараньевское, Золотое, Кунгурцевское, Родниковое, Карымшинско, Больше-Банное, Асачинское (Камчатка), Куסיкино, Корю, Хишикари (Япония). Второй тип - Малетойаям, Тымлат, Озерновское (БАМ), Верхне-Быстринское (Камчатка), Касуга, Акаши (Япония).

Эпитеермальные рудные объекты типа LWS- наиболее перспективные в данный момент на Камчатке. Прогнозные запасы могут оцениваться величинами в несколько тысяч тонн золота. Вулканогенные полиметаллические жильные (комплексные типа Дукаат, Мутновское, Тойоха) следует рассматривать в качестве нового источника серебра с запасами не менее 10 000 тонн. В ближайшее время возможно открытие крупных месторождений типа HS, которые позволят значительно увеличить ресурсы благородных металлов Камчатки.

Возраст вулканогенных рудных объектов - от 41млн до 0.05 млн. лет. На некоторых из них процессы минерало- и рудообразования продолжаются и в настоящее время. Многие из них могут быть отнесены к полихронным и полигенным в понимании В.И.Смирнова месторождениям (Смирнов 1976). Можно выделить не менее шести эпох вулканогенного гидротермального рудообразования.

В процессах рудообразования участвовали как истинные, так и коллоидные растворы. Минералообразование осуществлялось путем свободного жильного выполнения и метасоматического замещения. Сера и свинец привносились из глубинных источников. Вода гидротермальных рудообразующих растворов - продукт смешения метеорных с водами андезитовых магм, плотность которой не превышала 6-8% NaCl. Наиболее благоприятным для продуктивного рудообразования был интервал температур 150-270⁰ С. Вскипание гидротермальных растворов – характернейшая черта процессов рудообразования – приводило к брекчированию, массовому концентрированию благородных металлов на различных быстропротекающих геохимических

барьерах. Рудообразующий флюид играл заметную роль в качестве структуро-образующего фактора.

Литература

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1976.

ПОЛИГЕННОСТЬ И ПОЛИХРОННОСТЬ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАМЧАТКИ

Округин В.М.¹, Полетаев В.А.²

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, okrugin@kscnet.ru, ²Камчатский филиал геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия, polet@mail.iks.ru

На Камчатке известно порядка 70 рудопроявлений и прогнозируемых месторождений никеля. Одно месторождение в настоящее время находится в стадии отработки. По геолого-промышленному типу все они относятся к сульфидным медно-никелевым, по условиям формирования и геолого-структурному положению – к медно-никелевым месторождениям в пределах фанерозойских и докембрийских структур Срединнокамчатского кристаллического массива. Особенность вещественного состава – четко выраженная сульфидная кобальт-медно-никелевая с платиноидами специализация.

Формирование оруденения происходило полигенным и полихронным способом в магматический и метаморфический этапы.

Для магматического этапа характерно наличие округлых мелких пойкилитовых выделений сульфидов в оливине и пироксенах амфиболовых перидотитов, оливиновых норитах, а также их сидеронитовая вкрапленность в кортландититах, норитах, иногда и диоритах рудоносных массивов.

Первый этап метаморфизма - автометаморфизм, связан с магматическими процессами становления интрузий. Он носит регрессивный характер и выражен серпентинизацией оливина, незначительным оталькованием пироксенов и не оказывает существенного влияния на сульфиды, способствуя лишь некоторому замещению их магнетитом. До настоящего времени среди сульфидных медно-никелевых объектов Камчатки не выявлено богатых руд магматического генезиса, что не исключает возможность их обнаружения при глубоком бурении.

В метаморфический этап происходит формирование богатых эпигенетических руд. Для рассматриваемых массивов метаморфический этап регионального зеленосланцевого метаморфизма позднемелового времени проявлен в повсеместном развитии в габброидах и гипербазитах кальциевых амфиболов (стадия кальциевого метасоматоза): роговой обманки, актинолита, а также флогопита. При этом из породообразующих минералов и первичных сульфидов высвобождались Ni, Co, Fe, Cu способствуя увеличению общей кислотности минеральных ассоциаций. Для этой стадии (кислотного выщелачивания) характерно формирование сидеронитовой сульфидной вкрапленности. В краевых частях массивов получили развитие биотит, куммингтонит, гранат, хлорит, антофиллит.

В результате влияния тектонических подвижек в зонах долгоживущих глубинных разломов, в которых консолидировались рудоносные интрузии, под влиянием повышенной общей кислотности рудоносных растворов происходило образование богатых сплошных и брекчиевидных руд, а в окружающих породах экзоконтактовых зон – вкрапленных и прожилково-вкрапленных.

Последующее внедрение гранитоидов сопровождалось привнесением кремнезема и щелочей, «раскислило» до диоритов краевые части существенно габброидных интрузивов, привело к образованию жил пегматитов, особенно характерных для Дукукского массива, и способствовало значительному окварцеванию вмещающих интрузивов Шанучского рудного поля и повсеместному развитию кварцевых (незолотоносных) жил небольшой мощности в пределах Дукукского рудного района.

Многочисленные K-Ar датировки пород варьируют в пределах 31-162 млн лет. Sm-Nd и Rb-Sr изохроны для пород и минералов Дукукского массива соответствуют

возрасту 68 млн лет (Ланда Э.А. и др., 2001). Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метода дают определения возраста в двух группах интервалов: от 49,8 до 53 млн лет и другой группы – 84,3 млн лет (Bundtzen Т.К., 2004). U-Pb определения возраста цирконов с использованием SHIMP подтвердили присутствие двух разновозрастных одноформационных групп позднемелового (78 ± 2 млн лет) и эоценового (48 ± 3 млн лет) возраста, включая и эоценовый возраст рудной минерализации месторождения Шануч II (ВСЕГЕИ, Государственная геологическая карта..., 2006).

Литература

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Камчатская. Лист N-57 – Петропавловск-Камчатский. Объяснительная записка. –СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006. 376с.

Евстигнеева Т.Л., Минеев С.Д., Округин В.М. и др. Некоторые вопросы минералогии и генезиса сульфидных никелевых руд Центральной Камчатки // Никеленосность базит-гипербазитовых комплексов Украины, Урала, Сибири и Дальнего Востока. Апатиты. 1988. С.63-69.

Ланда Э.С., Марковский Б.А., Беляцкий Б.В. и др. Возраст и изотопные особенности альпинотипных, зональных и расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексов Камчатки // Докл. РАН, 2002, т.385, №6. С.812-815.

Округин В.М., Полетаев В.А., Чубаров В.М. Шанучское рудное поле // В кн.

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн./ под ред.

А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006. С.575-576.

Полетаев В.А. Сульфидные платиноидно-медно-никелевые месторождения и рудопроявления перидотит-пироксенит-норитовой формации Центральной Камчатки // Платина России. – Т.III. – Кн.2. –М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 1999. С.191-199.

Полетаев В.А. Камчатская платиноидно-никеленосная зона – геология и рудоносность. Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. М., МГУ, 2004. 22с.

Bundtzen Т.К., Sidorov E.G., Layer P.W. Geology, geochemistry and new isotopic ages of selected PGE-CR and PGE-Ni-Cu bearing mafic-ultramafic complexes in the Farewell and Godnews Bay terranes Alaska and Sredinny terranes Kamchatka Peninsula region, Russia Far East // Tectonic, magmatism and metallogeny. – Vladivostok: Dalnauka, 2004. P.83-85.

ЗОЛОТО В МАЛОСУЛЬФИДНОМ ОРУДЕНЕНИИ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО РАССЛОЕННОГО МАССИВА

Орсоев Д.А., Канакин С.В.

ГИН СО РАН, Улан-Удэ, Россия, magma@gin.bsnet.ru,

*Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта ОНЗ
РАН 2.1.*

Кроме собственно золоторудных месторождений выделяется большая группа комплексных золотосодержащих месторождений преимущественно цветных металлов, включающих, в том числе и медно-никелевые. В структуре российской минерально-сырьевой базы на комплексные месторождения при запасах 2,6 тыс. т приходится 13% добычи золота. В нашей стране попутная добыча золота при среднем содержании 0.2 г/т производится из сульфидных Cu-Ni руд норильских месторождений.

Повышенное внимание, которое уделяется в последние годы проблеме золотоносности расслоенных ультрамафит-мафитовых комплексов, обусловлено обнаружением во многих регионах мира аномальных содержаний и минералов Au в малосульфидном платинометалльном оруденении. Этот тип минерализации обычно приурочен к специфическим горизонтам (рифам) крупных расслоенных массивов (Бушвельд, Стиллуотер, Федорово-Панский, Пеникат и др.). Выявление и оценка практической значимости сопутствующего Au в комплексных малосульфидных платинометалльных рудах, таким образом, представляет собой важную задачу в связи с возможным попутным извлечением золота при добыче и переработке этих руд.

Проведенные нами в последние годы исследования малосульфидного платинометалльного оруденения (Риф I) в критической зоне Йоко-Довыренского расслоенного массива в Северном Прибайкалье также выявили повышенные содержания Au. Средняя концентрация по 28 пробам составляет 0.35 г/т. На участке Центральный среднее содержание по 16 пробам – 0.45 г/т. В целом Au в породах Рифа I характеризуется крайне неоднородным распределением: наиболее обогащенными породами являются анортозиты и такситовые оливиновые лейкогаббро (в среднем 0,42 и 0,39 г/т соответственно). Максимальные концентрации в отдельных пробах анортозитов могут достигать 3,34 г/т. Наблюдается прямая корреляция золота с содержаниями рудогенных компонентов (S, Ni, Cu) и ЭПГ, при этом более жесткая связь отмечается с S, Cu и Pt, менее – с Pd.

Минеральные фазы Au представлены самородным золотом и золото-серебряными сплавами (электрум). На их долю в общем балансе благороднометалльных минералов приходится ~ 14 об.%. Чаще всего они наблюдаются в сростаниях с минералами ЭПГ (атокитом, маякитом, паоловитом др.), образуя с ними единый парагенезис, реже – в виде самостоятельных зерен. Минералы Au и ЭПГ обычно локализуются в кубаните или халькопирите, располагаясь на контакте сульфидов и плагиоклаза, и сопровождаются гидроксилсодержащими силикатами (хлоритом, цоизитом, пренитом). Размер зерен варьирует от 29 до 53 мкм. Самородное Au характеризуется высокой пробностью (94.4-97.5 %). Содержания Au в электроуме варьируют от 50.1 до 72.2 %.

Выявленная тесная связь золота и платиноидов в малосульфидном оруденении Йоко-Довыренского массива свидетельствует об общности процессов их переноса и концентрирования. Можно предположить, что накопление Au, как и ЭПГ, происходило благодаря флюидам и восстановленным летучим.

Полученные данные позволяют с определенной долей вероятности прогнозировать качества комплексных руд, предполагаемых для добычи и переработки, и требуют целенаправленных дальнейших исследований.

МИКРОТЕКТОНИКА И МОРФОГЕНЕЗ РУДНЫХ ТЕЛ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОРОГЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

Полуфунтикова Л.И., Фридовский В.Ю.

*ГОУ ВПО Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова, Якутск,
Россия, fridovsky@sitc.ru*

Золоторудные месторождения орогенных областей формируются в толщах, которые претерпели разной степени динамометаморфические преобразования мезо- и микроуровня. Наиболее интенсивные микротектонические преобразования развиты во вмещающих породах золоторудных месторождений, локализованных в надвиговых структурах, выделяемых в основании терригенного комплекса. Породы, вмещающие оруденение, обладают сложным и неоднородным характером постседиментационных преобразований: отмечаются породы, преобразование которых находится в стадии позднего катагенеза, широко распространены процессы метагенеза, проявляется метаморфизм зеленосланцевой фации. Важную роль в преобразовании пород играют дислокационные события, которые сопровождаются развитием кливажа различного типа, структур ротации и транспозиции, что свидетельствует о длительности и многоэтапности тектонических процессов. Выделены четыре группы динамометаморфических пород. Первая группа характеризует начальный этап деформации породы, развит кливаж агрегатного типа, закономерная ориентировка почти отсутствует - пластинчато-сдвиговый морфологический тип структур течения. Для пород второй группы характерны сочетание кливажа агрегатного типа и межзернового кливажа, директивная ориентировка минеральных зерен со структурами обтекания и ротации с образованием «бород» регенерированного кварца – сдвигово-катакластический морфологический тип структур течения. Третья группа пород отличается широким распространением зерен породообразующих минералов линзовидно-эллиптической формы в тонкокристаллическом матриксе и развитием межзернового кливажа - катакластическо-сегрегационный морфологический тип. В породах четвертой группы наблюдаются линзовидные сегрегации кварца и полевого шпата в интенсивно линейаризованной милонитовой основной ткани, появляются магистральные зоны, поверхностей сланцеватости выравнивается - сегрегационно-струйчатый морфологический тип структур течения. Анализ микротектонических преобразований показал, что степень микродеформаций возрастает от высоких стратиграфических горизонтов к низким, а также, вблизи крупных разрывных структур, образуя вертикальные и латеральные зональные ряды различных морфологических типов структур течения.

Для золоторудных месторождений надвиговых структур форланда выделена зависимость морфологии рудных тел от степени деформированности терригенных толщ, т.е. от морфологического типа структур течения. В породах с широким развитием пластинчато-сдвигового морфологического типа структур течения формируются стратифицированные рудные тела, контролируемые хрупкими shear-зонами. Дальнейшее развитие микродеформаций с формированием микроструктур сдвигово-катакластического морфологического типа является благоприятным для образования внутрипластовых и секущих штокверкоподобных рудных тел, приуроченных к хрупко-пластичным shear-зонам. В породах, подвергшихся максимальным динамометаморфическим преобразованиям, в зоне развития преимущественно пластических деформаций, где проявлены структуры катакластически-сегрегационного и сегрегационно-струйчатого морфологических типов проявляется прожилково-вкрапленное оруденение.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИЗУЧЕНИЯ ВОРОНЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УРАЛ)

Ровнушкин М.Ю.

ИГГ УрО РАН, Екатеринбург, Россия, rovnu@front.ru

Золото-ртутные месторождения “карлинского” (невадийского) типа достаточно широко известны – этот тип является одним из ведущих в мире по объему запасов. Определены основные особенности этого типа оруденения – приуроченность к фронтальным частям крупных надвигов среди карбонатных и кремнисто-карбонатных пород, наличие золото-сульфидной минерализации, представленной тонкозернистыми сульфидами с субмикронным или изоморфным золотом, золото-ртутно-таллиево-мышьяковый геохимический спектр руд и т.п. Одним из объектов этого типа по ряду параметров может считаться Воронцовское золоторудное месторождение (Урал), относящееся по объемам запасов к классу крупных.

Воронцовское месторождение структурно расположено в крыле моноклиальной пологопадающей складки в составе крупной вулканогенно-осадочной депрессии, сложенной вулканогенно-осадочными породами раннего девона. Оруденение локализуется в зонах брекчирования подстилающих известняков, представленных обломками мраморизованных известняков с гетерогенным цементом и частично – в перекрывающих их вулканогенно-осадочных породах. Месторождение приурочено к западному контакту Ауэрбаховской интрузии гранитоидов, который совместно с Воронцовским субмеридиональный взброс на западе, разломы СЗ простирания на севере и юге являются рудоконтролирующими структурами (Сазонов и др., 1991, 1998).

На основе данных разведки месторождения было предложено несколько моделей образования месторождения, одна из которых предполагает поэтапное и многофакторное формирование оруденения этого типа, характеризующегося рядом особенностей, характерных именно для складчатых областей активной окраины континента. В настоящее время проводятся исследования пород и руд месторождения, которые позволят дополнить и уточнить данную модель для этого типа месторождений в наших условиях. Это детальное изучение минерального состава руд и пород месторождения, исследование формы нахождения полезных компонентов в рудах, роль органического вещества в процессе рудогенеза, уточнение геохимических и геодинамических характеристик формирования оруденения. В конечном итоге, результатом проведения таких работ станет определение критериев поиска и принципов локального прогнозирования золотого оруденения этого типа в условиях окраин активного континента, типичных для Урала.

В настоящий момент месторождение вскрыто карьером на глубину до 70м, что позволяет производить мониторинг геологической ситуации по мере его отработки и является неоспоримым преимуществом в достижении поставленной задачи.

Литература

Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А., Гладковский Б.А. Эндогенное оруденение девонского андезитоидного вулканоплутонического комплекса (Урал).

Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 184с.

Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А. Воронцовское золоторудное месторождение – пример минерализации карлинского типа на Урале, Россия // Геология рудных месторождений. 1998. Т. 40. № 2. С. 157-170.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ УНИКАЛЬНОГО ЗОЛОТОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВИТВАТЕРСРАНД

Сакия Д.Р., Старостин В.И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, dibras@geol.msu.ru, star@geol.msu.ru

Открытое в 1886 г. золоторудное месторождение Витватерсранд находится в пределах бассейна Витватерсранд, приуроченного к Каапваальскому кратону (~2.7 млрд. лет), сложенному мигматито-гнейссами, гранито-гнейссами и гранитами (3.7-2.5 млрд. лет). За последние 100 с лишним лет в этом бассейне добыто свыше 50000 т золота (Jolley, Freeman, 2004). Дискуссия о происхождении этого уникального месторождения не утихает до сих пор (Щеглов, 1994). Этот вопрос обсуждался многими зарубежными и российскими исследователями, в т.ч. В.И. Смирновым, который считал этот объект древней россыпью, преобразованной при последующих тектонических деформациях и метаморфизме (Смирнов, 1982).

В последнее время наметились две основные гипотезы его происхождения: 1) модифицированная россыпная и 2) гидротермально-инфильтрационная. Предложенная в свое время осадочная модель в чистом виде была отвергнута еще в 1898 г. экспериментальными работами по осаждению золота. Теперь большинство южноафриканских и западных исследователей склоняются к тому, что гидротермально-инфильтрационная гипотеза тоже необоснованна, т.к. никаких магматических подводящих каналов в бассейне нет. Наблюдаемые на некоторых участках параллельные слоистости трещины не образуют части единой системы мнимых подводящих каналов.

Имеющиеся данные в основном поддерживают модифицированную россыпную гипотезу происхождения Витватерсрандского золота, предложенную в общих чертах еще в 1903 г. Луи де Лонэ (De Launay, 1903). В соответствии с новейшей версией этой модели золото первоначально концентрировалось в рифах как обломочный тяжелый металл, затем ремобилизовалось и переотлагалось в течение нескольких тектонических этапов, в т. ч. аккреция окенической коры к западной окраине Каапваальского кратона (2,83 млрд. лет назад), континентальный рифтогенез и отложение супергруппы Вентерсдорп (2,70-2,67 млрд. лет), внедрение Бушвельдского комплекса (2,06-2,05 млрд. лет) и воздействие астероида Вредефорт (2,02 млрд. лет), крупнейшего среди сохранившихся на Земле (Frimmel, Minter, 2002; Hayward et al., 2005).

Литература

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982, 669 С.

Щеглов А.Д. Идеи академика В.И. Смирнова о полигенной природе рудообразования и месторождения золота Витватерсранд // В: Смирновский сборник-94, Москва, 1994, С. 77-94.

Jolley S.J., Freeman S.R., et al. Structural controls on Witwatersrand gold mineralization // Journal of Structural Geology, 2004, Vol. 26, P. 1067-1086.

De Launay, L. Les Richesses Minérales de l'Afrique. Paris: Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1903, 395 P.

Reimold W. U., Koeberl C., Gibson R. L., and Dressler B. O., Economic mineral deposits in impact structures: a review // In: Impact Tectonics, Eds.: C. Koeberl, H. Henkel, Berlin: Springer, 2005, P. 479-552.

Frimmel H. E., Minter W. E. L. Recent Developments Concerning the Geological History and Genesis of the Witwatersrand Gold Deposits, South Africa // Society of Economic Geologists Special Publication 9, 2002, p. 17-45.

Hayward C. L., Reimold W. U., Gibson R. L., Robb L. J. Gold mineralization within the Witwatersrand Basin, South Africa: evidence for a modified placer origin, and the role of the

Vredefort impact event // Geological Society, London, Special Publications, 2005, Vol. 248, P. 31-58.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТОМТОРА

Самонов А.Е., Мелентьев Г.Б.

ИГЕМ РАН, Москва, ОИВТ РАН, Москва

Современный инновационный минерально-сырьевой потенциал России складывается из двух-трех десятков наиболее перспективных рудных объектов. В качестве одного из них - нового суперкрупного, не имеющего мировых аналогов по высокому качеству наиболее дефицитного редкометального (в т. ч. редкоземельного) и фосфатного сырья в нашей стране и за рубежом, рассматриваются перспективы первоочередного и поэтапного промышленного освоения месторождения Томтор, расположенного в новом рудном районе северо-восточной окраины Сибирской платформы в области сочленения Анабарского и Оленёкского поднятий (Республика Саха-Якутия). Это – долгосрочный источник высококомплексного пироклорового сырья для производства феррониобия и другой ниобиевой продукции, скандия, редкоземельных металлов (РЗМ) с высоким удельным содержанием наиболее дефицитных иттрия и других элементов среднетяжелой группы, а также сопутствующих им фосфора, алюминия, стронция, титана, ванадия и др. Ведущие и сопутствующие полезные компоненты Томтора, согласно результатам поисково-оценочных и разведочных работ, по своим запасам, качеству и высокой комплексности не только не имеют аналогов в России, но и возможности организации отечественного производства феррониобия более конкурентоспособного в сравнении с крупнейшим мировым его производителем на базе месторождения Араша в Бразилии компанией СВММ.

Важнейшими факторами формирования инновационной модели экономики, провозглашенной руководством нашей страны в перспективе до 2020 г., в качестве замены исторически сложившейся и истощительной экспортно-сырьевой, являются производство и потребление редких металлов. Лозунгом времени должен стать: редкие металлы – альтернатива нефти и газу! Мировое развитие и технократизация обуславливают непрерывный рост производства и потребления редких металлов – в среднем на 5-7% в год, а в Японии и Китае до 10-20%. Сложившаяся кризисная ситуация с добычей и производством редкометальной продукции усугубляется несовершенством российской минерально-сырьевой базы, по многим показателям качества не соответствующей мировым стандартам. В результате в Россию, обладающую крупнейшими в мире запасами и ресурсами ведущих редких металлов и необходимыми технологическими заделами для их освоения и использования, импортируются не только циркониевые (циркон), титановые (ильменит, рутил) и стронциевые (целестин) концентраты, но и такие редкие металлы, их соединения и сплавы как тантал, редкие земли, рений и другие, а также феррониобий, карбонат лития и т.д. В этой связи, важно отметить, что маркетинг (мировой и внутренние рынки) редкометальной продукции имеет свою специфику: сначала формируются предложения, а затем возникает спрос, но чаще в современных экономиках мира возникает их дефицит производства и потребления связанные с неравномерным распределением минерально-сырьевых ресурсов редких металлом на Земле и со значительным увеличением темпов роста их потребления в новом тысячелетии.. Далеко не все развивающиеся страны имеют хотя бы малые природные ресурсы редких и редкоземельных металлов. В мире, особенно в XXI веке, уже началась и будет продолжаться непримиримая борьба за редкометальные ресурсы, возможность иметь лидирующие позиции в их производстве и особенно потреблении. Не надо забывать и то обстоятельство, что почти все редкие металлы имеют важнейшее стратегическое значение для ведущих экономик мира. Надежды приобрести редкометальную продукцию за рубежом у современных лидеров их производства (Китай, Бразилии,

Австралии, ЮАР и др.) не оправданы и по существу неправильны, особенно для нашей страны, так как Россия обладает уникально богатейшими источниками почти всех редких и редкоземельных металлов.

Литература:

Самонов А.Е., Мелентьев Г.Б. Зачем и кому нужен Томтор? Ж-л: «Химия и бизнес», М., № 2 (98), 2009, С. 17-21; № 3-4 (99-100), 2009, С. 49-54; № 6 (102), 2009, С. 52-57.

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУКТУР ЗОЛОТОРУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Сафонов Ю.Г.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия, safonov@igem.ru

Изучение структур рудных полей и месторождений в течение длительного времени составляло одно из важнейших направлений в развитии учения о рудных месторождениях отечественными исследователями. В.И. Смирнов, в течение многих лет возглавлявший советскую школу рудной геологии, следивший за ее гармоничным развитием, придавал этому направлению большое значение. Это значение определялось запросами как теоретической, так и прикладной науки, что привело к созданию учения о структурах рудных полей и месторождений и широкому использованию его в практике поисково-разведочных и эксплуатационных работ.

Негативные изменения в геолого-разведочной отрасли, в кадровом обеспечении геологической службы страны и горнорудных предприятий–организаций недропользователей, в общем отношении к научному сопровождению геологических работ, в возможностях развития геологической науки в целом, отразились в резком сокращении исследований по структурному направлению. Сегодня актуальны вопросы сохранения направления, необходимость которого диктуется уже накопившимися проблемами и перспективами развития отрасли. На примере месторождений золота, охватывающих, практически весь диапазон гидротермального рудообразования и многие стороны формирования полигенных месторождений, можно видеть наиболее актуальные проблемы.

В общей «многоликости гидротермальных месторождений», о которой писал В.И. Смирнов, определенно выражена линия возрастающего значения понимания стереогенезиса объемных структурных форм, контролирующих размещение штокверковых, вкрапленно-прожилковых и вкрапленных руд. При изучении закономерностей их образования в большинстве случаев возникают вопросы соотношений этих руд с жильными, скарновыми и другими, сохраняющими свою значимость и как объекты целевого изучения. Возросшая информация по локализации руд в орогенных интрузивно-тектонических и тектонических структурных формах – локальных доменах, в осадочных бассейнах по проявлению литологического и петрофизического факторов рудообразования, во многом остается нераскрытой, не увязанной с геологической позицией месторождений, с геодинамическими режимами развития рудоносных территорий (Сухой Лог, Олимпиада и др.).

В отличие от канадской, австралийской школ рудной геологии, в России в последние годы не получили должного развития представления о типоморфизме структур разноглубинных месторождений, имеющие важнейшее значение для поисков скрытого оруденения и выявления новых типов руд. Развитие этих представлений тесно переплетается с необходимостью изучения флюидо-динамических закономерностей гидротермального рудообразования. Изучение структурно-гидродинамических условий формирования эндогенных месторождений было начато в нашей стране. Уже на первом этапе исследований была показана их перспективность. В настоящее время, в связи с разработками генетических моделей рудообразующих систем, структурно-гидродинамические составляющие таких моделей, содержащие функциональные структурные элементы (рудоподводящие, рудораспределяющие и др.) становятся необходимыми. При этом возникают вопросы о динамических условиях развития рудообразующих систем – внешних и внутренних («синергетических»), с оценкой энергетических факторов, о которых писал В.И. Смирнов, в более широком диапазоне и с приближением к количественным оценкам.

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЖОНГАРО-БАЛХАШСКОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА И ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ

Сейтмуратова Э.Ю., Сайдашева Ф.Ф.

ИГН им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

На базе проведенного металлогенического анализа Жонгаро-Балхашской складчатой области (ЖБСО) выявлена ведущая роль золото-серебряного оруденения в отличие от установившегося здесь медно-полиметаллически-редкометалльного стереотипа. Среди золото-серебряных проявлений различной формационной принадлежности преобладают эпитермальные золото-серебряные проявления.

Основной закономерностью размещения эпитермального золото-серебряного оруденения является предпочтительная локализация его в вулканических структурах позднепалеозойских вулканоплутонических поясов ЖБСО – окраинно-континентальном Тасты-Кусак-Котырарсан-Алтынэмельском и внутриконтинентальном Балхаш-Илийском.

Локальные факторы рудоносности, установленные для проявлений золото-серебряного эпитермального оруденения в ЖБСО, во многом согласуются с таковыми типовых объектов Мира (Силвертон-Теллурид, Тавуа Поло и др.), поэтому вполне обоснованно могут рекомендоваться в качестве поисковых критериев рассматриваемого оруденения для Жонгаро-Балхашского региона.

Высокая оценка перспективности эпитермального золото-серебряного оруденения ЖБСО, обосновываемая проявлением в ней более чем 2000 объектов, подтверждается также выявлением для них многих рудоконтролирующих факторов, характерных для крупных золото-серебряных месторождений Мира, а также возможностью переоценки ряда из них в качестве крупнообъемных объектов с небольшими содержаниями золота и серебра, но с большими запасами руды, рентабельными для разработки в силу возможности использования открытого способа добычи и новых дешевых технологических методов извлечения золота.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ПОЯСА И ЗОЛОТОРУДНЫЕ РАЙОНЫ БАЙКАЛО-ЗАБАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Семинский Ж.В., Корольков А.Г.

Иркутский государственный технический университет

Регион включает орогенные сооружения, обрамляющие Северо-Азиатский кратон или возникшие на его активной окраине. Формирование орогенов отражает процессы эволюции Палео-Азиатского, а затем Палео-Тихоокеанского бассейнов, их закрытия и последовательного причленения различных по природе террейнов к окраинам Северо-Азиатского кратона. Образовавшиеся разновозрастные коллизионно-аккреционные и окраинно-платформенные орогенные пояса богаты различными по возрасту и типам месторождениями полезных ископаемых. Кроме того, важное значение для рудообразования имел континентальный внутриплитный тектонический режим, охвативший практически всю территорию в позднем палеозое-мезозое, что предопределило формирование весьма своеобразных по внутреннему строению орогенных поясов с целой гаммой месторождений полезных ископаемых. Таким образом, отмеченные особенности эволюции тектоносферы привели к образованию трех типов орогенных и отвечающих им металлогенических поясов: окраинно-кратонных, коллизионно-аккреционных и внутриплитных.

Окраинно-кратонные металлогенические пояса образуют прерывающуюся полосу, которая протягивается вдоль южной краевой части Сибирской платформы от Енисейского кряжа через Восточный Саян в Северное Прибайкалье (пояса Восточно-Саянский, Байкало-Патомский и др.). Отличительной их особенностью является гетерогенный фундамент, включающий блоки метаморфических, зеленокаменных и др. террейнов окраины кратона. Для них характерны железо-титановые месторождения, связанные с мафит-ультрамафитовыми комплексами, полигенные месторождения золота, стратиформное медное оруденение, рудоносные карбонатиты и метасоматиты, железистые кварциты. Типичным золоторудным районом является Бодайбинский, где прожилково-вкрапленное оруденение сухоложского типа приурочено к дислоцированным углеродистым толщам поддвигового ороклина и структурам латерального выжимания.

Металлогенические пояса аккреционно-коллизионных орогенов (Байкало-Витимский, Саяно-Забайкальский) включают фрагменты островных дуг, террейнов, аккреционных клиньев и других тектонических элементов. Проявились девон-раннекарбоновые процессы метаморфизма и рифтообразования. Металлогенический фон поясов определяется стратиформным свинцово-цинковым оруденением, гидротермальной жильной золоторудной, ртутно-сурьмяной минерализацией, а также месторождениями мусковита, асбеста, апатита, медно-никелевых руд и железа. Типичный Муйский золоторудный район локализуется в пределах древнего блока, интенсивно нарушенного разломами. В Гарганском районе, также сложенном древними метаморфическими комплексами, локализацию месторождений золота определяют структуры сжатия и зоны «расплющивания», где формируется жильное и прожилково-вкрапленное оруденение зунхолбинского типа.

Внутриплитные металлогенические пояса (Джида-Витимский, Чикой-Шилкинский, Приаргунский) формировались в период и после закрытия Монголо-Охотского океана. Тектоно-магматические процессы активизации в это время были обусловлены развитием Северо-Азиатского суперплюма. Определяющими геологические особенности этих поясов были системы сводовых и депрессионных структур, а также субаэральные вулcano-плутонические комплексы мезозоя, с которыми связаны месторождения золота, полиметаллов, редких металлов, урана. Золоторудные районы определяются ареалами указанных комплексов (Нерчинский); для тектонической обстановки рудообразования характерно сочетание блоково-купольных структур с рифтоподобными грабенами (Балейский золоторудный район).

К ВОПРОСУ О СИСТЕМАТИКЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПРОИЗВОДНЫХ УМЕРЕННО-НИЗКОЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОИДОВ ОРОГЕННЫХ СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

Симкин Г.С.
(ФГУП ЦНИГРИ)

Работами М.Б. и Н.И.Бородаевских, Н.В.Петровской, Г.П.Воларовича, Д.А.Тимофеевского, Н.А.Фогельман, С.Д.Шера и других геологов были созданы и используются при проведении геологоразведочных работ и при металлогенических исследованиях геолого-промышленные и генетические классификации золоторудных (ЗР) и золотосодержащих (ЗС) месторождений.

Однако в случае комплексных месторождений, в том числе объектов с золотосодержащими рудами, строгое следование рудно-формационному подходу может приводить к выделению на одном и том же объекте нескольких рудных формаций, что нередко затрудняет однозначную идентификацию таких объектов.

Совершенствование методов систематизации ЗР и ЗС объектов орогенных складчатых областей и областей тектоно-магматической активизации базируется на комплексном рассмотрении условий и обстановок их формирования.

1. Анализ вероятных генетических связей природного сообщества «гранитоиды-гидротермалиты-руды» показывает, что ЗР месторождения преимущественно связаны с формированием гидротермалитов хлоридно-натриевой ветви, производных формационного ряда умеренно и низкощелочных гранитоидов (Na)K повышенной основности; а ЗС объекты проявляются в связи с натриевой частью бор-фтор-калиевой ветви гидротермалитов, производных гранитоидов повышенной кремнекислотности и калиевости [1].

2. Наряду с несомненной и известной ранее энерго-вещественной сопряжённостью ЗР месторождений с габбро-гранитоидными плутонами рассмотрение последовательно повторяющихся на многих объектах устойчивых оксидно-алюмосиликатных, сульфидно-кварцевых и карбонатных минеральных ассоциаций (а также вероятного состава и баротермических условий эволюции последовательных порций породившего их гидротермального флюида), анализ регионального глубинного строения рудоносных территорий позволили отметить, что золото-кварцевые метаморфогенные или гидротермально-метаморфогенные месторождения, считавшиеся амагматичными, на самом деле также сопряжены с упомянутыми плутонами – по крайней мере, энергетически.

3. Известная ранее генеральная четырёхэтапность гидротермально-метасоматических преобразований и сопряжённой минерализации, присущая перечисленным типам месторождений, а именно (1) высоко-, (2) средне-, (3) низкотемпературные и (4) телетермальные – на основе углублённого анализа устойчивых минеральных ассоциаций (макропарагенезисов) оказалась маркированной типоморфной сульфидной (плюс кварц) минерализацией; соответственно наметились этапы : (1) пирит-арсенопиритовый, (2) полисульфидно-кварцевый, (3) антимонит-кварцевый, (4) серебро-полисульфидно-сульфосолевой. Одноимённые устойчивые «гомологичные» (повторяющиеся) минеральные ассоциации предлагается использовать в качестве классификационных признаков в рамках традиционных рудных формаций.

Литература:

Г.С.Симкин «Интегральная модель формирования системы гидротермально-метасоматических производных формационного ряда умеренно-низкощелочных гранитоидов орогенных складчатых поясов»//Отечественная геология, 2009, № 4, с. 34-45.

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ В УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Сначёв А.В.

ИГ УНЦ РАН, Уфа, SAVant@rambler.ru

Углеродистые отложения, как известно, представляют собой весьма благоприятную геохимическую среду для первичного накопления многих промышленно важных элементов. При определённых условиях, особенно в областях проявления магматизма, зонального метаморфизма и тектонической активности, углеродистые породы могут концентрировать в себе крупные залежи золота, молибдена, вольфрама, ванадия, марганца, платины и других элементов.

Проведенные нами работы в пределах северной половины Маярдакского и Ямантауского антиклинориев (Башкирский мегантиклинорий) позволили провести изучение углеродистых отложений, известных в юшинской, машакской, зигальгинской и зигазино-комаровской свитах, на благородные металлы.

Определения золота, платины, палладия, родия и иридия выполнены в лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН (зав. лаборатории В.В. Дистлер) химико-спектральным методом с предварительным концентрированием на органическом полимерном сорбенте «Полиоргс-4». Нижние пределы количественных определений всех элементов – 0,0005 г/т.

Золото. В пределах рассматриваемой территории нами проведено выборочное штупфное опробование сульфидизированных и окварцованных углеродистых сланцев. Среднее содержание золота по породам машакской свиты составляет 0,183 г/т (14 проб), зигазино-комаровской – 0,290 г/т (21 проба), юшинской – 0,030 г/т (9 проб). Для первых двух стратиграфических подразделений это в 4-6 раз выше, чем для рудогенной аномалии. Максимальные же значения концентрации золота в углеродистых сланцах зигазино-комаровской свиты достигают 2,05 г/т в небольшом карьере у дороги между г. Белорецк и пос. Отнурок-1 и 1,42 г/т на горе Мягкая, в машакской свите – 1,68 г/т на западном склоне г. Широкая.

Платиноиды. Максимальные содержания платиноидов в углеродистых отложениях Южного Урала установлены нами ранее в метаморфически изменённых чёрных сланцах (О-S) в бассейне р.р. Бетеря и Тупаргасс (зона Уралтау), где получены содержания Pt – до 0,23 г/т, а Pd – до 1,8 г/т. Рассматриваемые в данной работе углеродистые сланцы весьма перспективны на палладий, особенно породы кызылташской толщи, где отмечены содержания в 0,48 и 0,89 г/т, а в среднем – 0,20 г/т. Для образований машакской свиты эти показатели заметно меньше – 0,27 г/т и 0,046 г/т (среднее). По зигазино-комаровской свите имеем средние значения по палладию – 0,061 г/т, а максимальные – 0,21 г/т. По иридию и родию все значения находятся либо в пределах фона, либо – пределах обнаружения. Немного более высокие содержания установлены в сланцах по платине: зигазино-комаровская свита – в среднем 0,01 г/т при максимальном – 0,056 г/т; машакская свита, соответственно – 0,016 г/т и 0,083 г/т; кызылташская – 0,002 г/т и 0,006 г/т.

Таким образом, полученный предварительный материал показывает, что углеродистые отложения северной части Маярдакского и Ямантауского антиклинориев обладают достаточно высокими перспективами на поиски благороднометалльной минерализации.

СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ПОРОД ГУЛИНСКОГО МАССИВА

Сорохтина Н.В., Зайцев В.А., Сенин В.Г.

Внимание к щелочно-ультраосновного массиву Гули (Полярная Сибирь) обусловлено обнаруженными на его территории россыпями минералов группы Pt и Au. Основной проблемой выявления источников россыпей было отсутствие коренных проявлений благороднометальной минерализации, за исключением одного зерна самородного Os, найденного в дунитах (Балмасова и др., 1992).

Нами в коренных породах массива (дунитах и кальцитовых карбонатитах) была впервые выявлена серебряная минерализация.

Гулинский массив, как и другие щелочные интрузии сложен несколькими сериями пород. Дуниты являются наиболее ранней фазой внедрения массива. В большинстве случаев они существенно серпентинизированы. Поздняя фаза внедрения представлена карбонатитами, среди которых кальцитовые карбонатиты и сопряженные с ними фоскориты являются наиболее ранними.

В серпентинизированных дунитах самородное серебро обнаружено в серпентине в виде самостоятельных выделений и в сростании с диопсидом и апатитом. По видимому, Ag образовалось при серпентинизации дунитов в результате взаимодействия растворов с минералом вторичного расплавленного включения в оливине. В образовании Ag принимали участие флюиды, связанные с косъевитами или с карбонатитами массива. Состав самородного Ag в дунитах однороден, каких либо примесей не обнаружено.

В ранних кальцитовых карбонатитах Ag встречается в самородном состоянии и образует сульфиды - ленаит и аргентопирит. Основные минералы карбонатитов - оливин, апатит, флогопит и магнетит, акцессорная сульфидная минерализация представлена крупными выделениями пирротина, джерфшерита и пирита, по которым развивается халькопирит, включениями сфалерита в пирротине и кальците.

Самородное Ag образует рассеянные пластинчатые комковатые и выделения (до 10-15 мкм) в пирите, в интерстициях породообразующих минералов и по трещинам, заполненным поздним доломитом. В анализах отмечается постоянное присутствие Cd до 1 мас.%, Fe до 2.5 мас.%, Al и S до 0.5 мас.%, содержания Au ниже предела обнаружения. Отмечались также фазы, состав которых имеет дефицит суммы по сравнению с самородным Ag и высокое содержание примесей Fe, Fe, Al и S.

Ленаит $Ag_{1.08}Fe_{1.08}Al_{0.03}S_{1.80}$ (3-я находка в мире) и аргентопирит $Ag_{0.71}Fe_{2.27}Al_{0.02}Co_{0.01}S_{2.98}$ впервые установлены в карбонатитах, в виде сростков игольчатых кристаллов (до 50 мкм), которые развиваются по трещинам в пирротине, замещенным пиритом. Образование ленаита и аргентопирита по пирротину возможно в случае, если растворы приносили Ag и S в соотношении 1:2, которое соответствует составу акантита или аргентита.

Согласно диаграмме устойчивости минералов Ag, Au, Fe и Sb в зависимости от температуры и фугитивности серы (Некрасов, 1991), область стабильности сульфидов Ag и Fe ограничена по температуре: аргентопирит устойчив до 150°C, при повышенной фугитивности серы он замещается пиритом и аргентитом, при пониженной – пирротин и серебром.

Таким образом, наблюдаемая ассоциация свидетельствует о миграции Ag в виде сульфидных комплексов на самых поздних, гидротермальных стадиях становления карбонатитов.

ТЕКТОНИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ СЕВЕРО-АЗИАТСКОГО КРАТОНА

Фридовский В.Ю.

*ГОУ ВПО Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова, Якутск,
Россия, fridovsky@sitc.ru*

Северо-Азиатский кратон – одна из крупнейших в Азии тектонических структур, восточная окраина которой в поздней юре-мелу была деформирована при коллизионно-аккреционных событиях (Тектоника, геодинамика и металлогения ..., 2001). Синхронно с тектоническими деформациями формировались протяженные гранитоидные пояса, дайки пестрого состава, масштабные месторождения благородных и цветных металлов, происходил метаморфизм пород.

С позднечукокской-раннеэоценовой фронтальной коллизией связано метаморфогенно-гидротермальное золотое оруденение надвиговых зон. Для зоны фортланды характерны наиболее глубокие преобразования золотосодержащих осадочных пород шельфа пассивной континентальной окраины, транспорт рудных компонентов в рудовмещающие shear-зоны надвиговых структур. Обычны метаморфические изменения низких ступеней зеленосланцевой фации метаморфизма с появлением сланцевых текстур, рекристаллизационно-бластических структур. В Западном и Северном Верхоянье месторождения приурочены к кульминациям крупных антиклинорий, в ядрах которых вскрываются наиболее древние терригенные отложения позднепалеозойского-мезозойского возраста. В Южном Верхоянье они расположены в пределах долготного зеленосланцевого метаморфического пояса с восточной вергентностью структур. Предполагается, что рудоконтролирующие надвиги листрического типа ответвляются от detachment основания верхоянского терригенного комплекса. Установлена зависимость стиля деформаций, степени преобразования терригенных толщ, морфологических особенностей рудных тел от расстояния до detachment. В зоне хитерланды Верхоянского складчато-надвигового пояса золото-кварцевое оруденение контролируется участками пересечения рампов надвиговых чешуй: фронтальных и косых, фронтальных и поперечных.

В позднем эоцено-мелу во второй этап косоугольной коллизии развиваются сдвиги и взбросо-сдвиги с золотом в кварцевых жилах, секущих минерализованных зонах дробления Кулар-Нерского сланцевого и Верхоянского складчато-надвигового поясов. Золоторудные месторождения формируются в связи с рудно-магматическими системами гранитных плутонов, образующих пояса. Размещение месторождений определяется протяженными разломами, отделяющими крупные блоки с различным строением и геолого-тектоническим развитием. Нередко они вместе с ранними надвигами образуют единые рудные зоны, что значительно повышает общий потенциал территорий. Оруденение локализуется в местах свободных изгибов и уступов сдвиговых зон, участках перекрытия чешуйчатых вееров смежных разломов, в опережающих нарушениях.

На геологические образования, связанные с коллизионными событиями наложены позднеэоценовые и раннекайнозойские процессы синхронные образованию Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Характерны комплексные золото-серебряные, золото-сурьмяные, золото-сурьмяно-ртутные, серебро-полиметаллические месторождения в протяженных тектонических зонах, преимущественно, со сдвиговой кинематикой, ориентированных согласно коллизионным структурам или секущих их.

МИНЕРАГЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ РОССИЯ)

Чернышов Н.М., Альбеков А.Ю., Рыборак М.В.

Воронежский государственный университет (ГОУ ВПО ВГУ), petrology@list.ru

Воронежский кристаллический массив (ВКМ) – крупный сегмент Восточно-Европейской платформы, характеризуется высоким нераскрытым минерагеническим потенциалом благородных металлов. В соответствии с современной моделью раннедокембрийской эволюции литосферы выделено несколько тектонических этапов, каждый из которых сопровождается разномасштабным благороднометалльным оруденением.

Мезоархейский структурно-вещественный комплекс нуклеократонного этапа формирования протокрыши представлен тремя типами благороднометалльных рудных формаций: сульфидной платиноидно-медно-никелевой, малосульфидной платинометалльной (в составе вулканоплутонической коматиитсодержащей ассоциации) и золото-платинометалльной в графитизированных гнейсах. Неоархейский этап формирования Курской гранит-зеленокаменной области характеризуется существенным возрастанием спектра магматических и, связанных с ними, благороднометалльных рудных формаций: золото-платиносодержащей колчеданной, сульфидной платиноидно-медно-никелевой, платиносодержащей хромитовой, золото-медно-молибденовой, золото-сульфидно(арсенопирит-пирит)-кварцевой.

Металлогенический облик и высокая степень продуктивности на благородные металлы палеопротерозойского цикла отражают исключительное многообразие геодинамических обстановок (реактивизация позднеархейских рифтогенных структур, субдукция, рассеянный спрединг, коллизия, тафрогенез, завершающего раннеплатформенного и позднеплатформенного этапов с активным внутриплитным режимом) длительного (порядка 700 млн. лет) формирования коры континентального типа и ее структурно-вещественной эволюции. Закономерное изменение геодинамических и эндогенных режимов палеопротерозойского цикла развития ВКМ сопровождалось: а) изменением типов структурно-вещественных комплексов и составов входящих в них магматических и рудных формаций; б) увеличением роли процессов мантийно-корового взаимодействия при формировании исходных рудонесущих магматических расплавов; в) возрастающей ролью при формировании ультрамафит-мафитовых комплексов ассимиляционных процессов (с появлением специфических кремнистых высокомагнезиальных серий), внутрикамерной дифференциации и флюидно-магматического расслоения, сопровождающихся образованием полиэлементных рудномагматических систем; г) сменой мигматит-гранитных формаций собственно интрузивными с ярко выраженной металлогенической специализацией.

С этим этапом связаны несколько разновозрастных и разномасштабных рудномагматических систем: сульфидная платиноидно-медно-никелевая и медисто-кобальто-никелевая, малосульфидная платинометалльная, платиносодержащие хромитовая и титаномагнетитовая, золото-сульфидно-кварцевая (платиносодержащая), а также метаморфогенно-метасоматические: золото-платиносодержащая железисто-кремнисто-сланцевая (железорудных месторождений – гигантов КМА) и золото-платинометалльных руд черносланцевого типа, золото-платинометалльная россыпная платиносодержащая, редкометалльная платиносодержащая. Для выделенных типов благороднометалльносодержащего оруденения выполнена предварительная оценка потенциала. Установлен многоэтапный полихронный и полигенный, по своей природе, характер платино- и золото-платинометалльных рудных формаций в докембрийском фундаменте ВКМ.

Работа выполнена при поддержке ГК №02.740.11.0021, ГК № П171, НШ-2211.2008.5.

ПЛАТИНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВЫХ МАССИВОВ АЛХАДЫРСКОГО ТЕРРЕЙНА

Мехоношин А.С.¹, Толстых Н.Д.², Подлипский М.Ю.²,
Колотилина Т.Б.¹, Вишневский А.В.².

¹ИГХ СО РАН, Иркутск, mekhanos@igs.irk.ru,

²ИГМ СО РАН, Новосибирск, tolst@uiggm.nsc.ru

В Алхадырском террейне, который выделяется из состава Бирюсинского выступа фундамента Сибирского кратона была выявлена серия ультрабазитовых массивов *дунит-перидотит-пироксенитового типа*, вмещающих сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды. Возраст амфиболитового метаморфизма пород, слагающих этот террейн, по данным ⁴⁰Ar/³⁹Ar датирования составляет 600 млн. лет. Точки составов ультрабазитовых массивов образуют единый эволюционный тренд от дунитов до оливиновых вебстеритов. Сульфидные Cu-Ni руды приурочены к умеренно-магнезиальным разновидностям пород (верлитам) и представлены пирротин-халькопирит-пентландитовой вкрапленностью с преобладанием пентландита (Мехоношин, Колотилина, 2009).

Повышенные содержания Pd и Pt (иногда более 1 г/т) в породах *Тартайского массива* характерны для его северной части. Минералы ЭПГ (70 зерен) пространственно не связаны с сульфидными рудами и представлены сперрилитом, по которому развиваются реакционные каймы орселита Ni_{5-x}As₂ и Pt-Cu сплавов, а также вторичными минералами (Pd,Cu)₃Sb, Pd₃Cu₂Sb, PtCu₄, PtCu₅, PtCu₇, образующимися за счет воздействия Cu-содержащих растворов на более ранние МПГ. При шлиховом опробовании аллювия водотоков, дренирующих Тартайский массив, обнаружены сперрилит PtAs₂ (преобладает), изоферроплатина Pt₃Fe, омейит OsAs₂, устойчивые при денудации ЭПГ-содержащих Cu-Ni сульфидных руд и накапливаются в аллювии (Толстых, Подлипский, 2010), и могут использоваться как показатель присутствия сульфидных платиноидных руд в этом массиве.

Минералы благородных металлов *Огнитского массива* генетически связаны с сульфидными пентландит-халькозиновыми рудами и представлены преобладающим сперрилитом PtAs₂ с примесью Ni до 6.33 мас.%, геверситом PtSb₂, соболевским PdBi с примесью Cu до 5.06 мас.% и Ni до 2.70 мас.%, стибиопалладинитом Pd₅Sb₂ с концентрацией Ni до 13.86 и Cu до 9.16 мас.% а также мертиитом Pd₈Sb₃ с 7.22 мас.% Cu. Неназванные фазы Pd₅Bi₂ и Pd₈Bi₃ также содержат Cu и Ni. *Примеси Cu и Ni в МПГ являются типоморфной особенностью рудоформирующей системы Огнитского массива.* Au-Ag сплавы замещаются аурикупридом Cu₃Pt.

Экспериментальные исследования в рамках присутствующих систем позволяют предварительно сделать вывод, что рудные парагенезисы Огнитского массива кристаллизовались при пониженной фугитивности серы в восстановительных условиях в интервале температур, вероятно, около 500°C для пентландита, 435°C для халькозиндигенита, 400°C – для Pd-Bi фаз, и ниже 390°C для аурикуприда с последующим формированием вторичных, обогащенных медью парагенезисов, которые характерны для коренных руд Тартайского массива.

Литература

Мехоношин А. С. Колотилина Т.Б. Сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение массивов Гутаро-Удинском металлогенической зоны (Юг Сибири) // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Материалы третьей международной конференции. Том 2. Екатеринбург. 2009. С. 212-216.

Секция 2.

Карбонатитовые и кимберлитовые месторождения

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК В АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Алексеев А.С., Реймерс А.Н.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, aaleks@geol.msu.ru

Архангельская алмазоносная провинция (ААП) является перспективным регионом с недостаточно детальной стратиграфической базой и малоконтрастным разрезом вмещающих и перекрывающих толщ. Успешные работы по поиску кимберлитовых трубок в этих условиях невозможны без опережающих стратиграфических исследований, которые проводились коллективом палеонтологов и геологов в течение ряда лет по инициативе компании «АЛРОСА-Поморье».

Рудовмещающая толща. Находки трубчатых фоссилей и горизонтов, насыщенных крупными норами древних организмов в верхней части красноцветной толщи, ранее целиком относившейся к верхнему венду, позволили разделить падунскую свиту на три свиты, средняя и верхняя из которых являются, несомненно, нижнекембрийскими (Алексеев и др., 2005). Красноцветные песчаники нижнего кембрия на Юрско-Двинской площади ошибочно считались среднекаменноугольными. Пересмотр их возраста позволил четко определить кровлю рудовмещающей толщи. Аналогичные работы в нижнем течении р. Онеги обеспечили разграничение весьма сходных литологически вендских пестроцветных толщ и континентальной каменноугольной песчано-глинистой формации, в которой на многих уровнях были найдены остатки растений, в том числе древесина, и рыб (Алексеев и др., 2009). Не подтвержден девонский возраст пестроцветной мергелистой пачки в кровле венда.

Первый промежуточный коллектор. Изучение флоры на Беломорско-Кулойском плато позволило установить в залегающих на венде песчаниках, представляющих собой древнейший в районе промежуточный коллектор, комплекс растений верхнего визе – серпуховского яруса (Алексеев и др., 2005; Orlova, 2007). Таким образом, между девонскими трубками и формированием перекрывающего комплекса существовал весьма значительный перерыв (порядка 20–30 млн. лет).

Эродированный разрез. Изучение и датирование с помощью конодонтов из ксенолитов карбонатных пород (Голмачева и др., 2008), содержащихся во многих трубках ААП, позволило установить, что в момент формирования диатрем Кепинского поля выше вендско-нижнекембрийского комплекса существовала довольно мощная (не менее 100 м) карбонатная толща пород верхней части нижнего – верхнего ордовика и, возможно, нижнего силура. Ранние данные показывают, что ниже ордовикских карбонатов залегала пестроцветная толща верхнего кембрия, содержащая остатки беззамковых брахиопод и хиолитов. Трубки с убогой минерализацией, содержащие обильные ксенолиты ордовикских карбонатов, формировались в раннем или начале среднего девона, когда нижний палеозой мощностью предположительно 200–300 м еще не был уничтожен размывом во время каледонских деформаций. Продуктивные трубки Золотицкого поля и трубка им. В. Гриба практически лишены палеозойских ксенолитов и, следовательно, должны были образоваться в конце девонского периода, когда вышележащая толща уже была эродирована.

Детальные комплексные стратиграфические исследования, проведенные до начала поисковых работ на базе системы профилей из опорных скважин, позволяют сократить объем бурения, получить хорошо структурированные крупномасштабные геологические карты и вырабатывать более надежные стратегии поиска месторождений алмаза.

ТОПОМИНЕРАЛОГИЯ АЛМАЗОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Афанасьев В.П.

Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Россыпи алмазов широко развиты в современных аллювиальных отложениях и древних осадочных коллекторах Сибирской платформы и делятся на два основных типа: 1) связанные с известными богатыми кимберлитовыми телами типа трубок Мир, Интернациональная и 2) с неустановленными коренными источниками. Последние широко распространены по северо-востоку платформы, имеют промышленное значение и эксплуатируются. Вместе с тем, известные на северо-востоке многочисленные кимберлитовые тела преимущественно мезозойского возраста либо убого алмазоносны, либо вовсе не содержат алмазов. Возникает противоречие между высокой россыпной и крайне низкой коренной алмазоносностью данного региона.

Многолетние усилия по решению этой проблемы привели к установлению факта, что алмазы из россыпей как Сибирской платформы обладают намного более широким спектром типоморфных особенностей, чем алмазы из известных кимберлитов. Более того, некоторые группы алмазов вообще не характерны для фанерозойских кимберлитов Сибирской платформы, либо встречаются в них в незначительных количествах. Это позволяет сделать вывод, что в россыпях Сибирской платформы, наряду с типичными кимберлитовыми, присутствуют алмазы из неизвестных пока типов коренных источников.

Детальное изучение типоморфных особенностей алмазов из россыпей Сибирской платформы позволило выделить здесь пять парастерезисов, связанных, вероятно, с разными типами коренных источников.

Парастерезис 1 (кимберлитовый) включает алмазы, соответствующие алмазам из фанерозойских кимберлитов.

Парастерезис 2 (предположительно лампроитового генезиса) включает округлые (скрытоламинарные) алмазы додекаэдрического габитуса т.н. “бразильского” или “уральского” типов. В промышленных кимберлитовых телах фанерозойского возраста Сибирской платформы доля подобных кристаллов не превышает 15%. Именно такие алмазы преобладают в россыпях Урала и Присаянья.

Парастерезис 3 (неизвестный тип коренного источника) включает желто-оранжевые кубоиды II разновидности по Ю.Л. Орлову, в небольшом количестве встречающиеся в кимберлитах, однако широко распространенные в россыпях северо-востока Сибирской платформы.

Парастерезис 4 (неизвестный тип коренного источника) включает алмазы V и VII разновидностей по Ю.Л. Орлову, полностью отсутствующие в кимберлитах.

Парастерезис 5 (импактный) включает т.н. “якутиты” - микрокристаллические образования с примесью лонсдейлитовой фазы, характерной для алмазов из метеоритных кратеров. Сравнение якутитов с алмазами Попигайской астроблемы показало их полное сходство, что дает основание связать происхождение якутитов с Попигайской астроблемой.

Таким образом, в россыпях Сибирской платформы существуют по меньшей мере три группы алмазов, тип источника которых неизвестен.

Картирование распределения выделенных парастерезисов по территории Сибирской платформы показывает тяготение алмазов из предположительно лампроитов и неизвестных типов коренных источников к выступам докембрия – Анабарского щита, Оленекского поднятия, Восточного Саяна. Это дает основание полагать, что поступление алмазов в россыпи связано с их воздыманием и обнажением на поверхности докембрийских пород, в том числе россыпей алмазов в докембрийских прибрежно-морских отложениях, которые и послужили основным поставщиком

алмазов в мезозойские и более молодые россыпи. Следовательно, можно предполагать, что неизвестные коренные источники алмазов описанных групп имеют докембрийский возраст и найти их можно только в пределах щита, что практически крайне сложно.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В КАРБОНАТИТАХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИОННЫХ ТИПОВ

Багдасаров Ю.А.

ФГУП ИМГРЭ, imgre@imgre.ru

Карбонатиты, о которых в посвященной им главе в своем «Курсе месторождений» В.И. Смирнов проникновенно начал речь цитатой из А.Н. Островского «Полна чудес могучая природа», принадлежат к ряду формаций пород, сложенных щелочными разновидностями варьировующего состава, Na- или, реже, K-вой специализации. В ряде случаев, однако, они фиксируются независимо от любых интрузивных магматических пород.

Среди них выделяются:

1. Традиционный для них ультраосновной-щелочной карбонатитовый /УЩК/ массивов центрального типа. Хорошо известен и изучен набор элементов и минералов карбонатитов и ассоциирующих с ними более ранних силикатных пород – это Nb, Ta, TR_{Ce}, Zr, Sr, Ba, реже Cu, Mo, Zn, U и Th, еще реже МПГ, Au, а также магнетит, оксиды Ti, апатит, флюорит. В образованиях коры выветривания /КВ/ накапливаются иногда V, Mn, Y, Sc.

2. Более редки массивы щелочно-габброидного карбонатитового состава. Главные, перечисленные выше элементы – Nb, TR, Zr и фосфор встречаются в них в меньших концентрациях и невелики по ресурсам. В отдельных массивах в составе их КВ концентрируются Ni (в гарниерите и др.), составляя до 1,5% NiO.

3. Массивы линейного /линейно-трещинного/ типа, выделенные автором в 1979 г. В их составе карбонатиты выступают как наиболее ранние образования, а силикатные интрузивные породы иногда вообще отсутствуют, замещаясь породами фенитового ряда, иногда очень пестрого состава. Лишь в Ильмено-Вишневогорском массиве /Урал/ силикатные магматические породы преобладают над карбонатитами. Во всех случаях они, как правило, содержат невысокие количества Nb и других элементов, но промышленные скопления фосфора, концентрирующегося в КВ. Для карбонатитов этого типа характерны повышенные количества хрома в составе шпинелидов.

4. Сложная серия образований, где карбонатиты формируются независимо от любых силикатных интрузивных пород; к ним близки выделения карбонатитов, ассоциирующихся с магматическими породами умеренной щелочности. Образования первого подтипа иногда могут рассматриваться как своеобразные «карбонатитовые телетермалиты», относительно невысоких T-фаций; вторые могут принадлежать к любым T-фациям. Все они характеризуются наличием скоплений Sr, Ba, TR_{Ce}, флюорита, сидерита, гематита, часто бедны апатитом и магнетитом. Заметим, что массивы, не содержащие нефелиновых или лейцитовых пород, как правило, не содержат ниобатов в составе карбонатитов. Часть этих массивов содержит скопления интересных редких и эндемичных материалов, например, чароита в карбонатитах массива Мурун.

Особо следует подчеркнуть огромные масштабы развития оруденения, главным образом в крупных трубообразных массивах УЩК-типа. Сопоставительный анализ строения этих комплексов разных фаций глубинности, позволяет установить рекордный для любых природных объектов вертикальный размах распространения этих пород и, соответственно, их оруденелых разновидностей – до 20 км, включая формацию наиболее глубоких карбонатитов линейного типа, с колоссальными ресурсами Nb, TR, P и др.

СОСТАВ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЭЙДЖОРИТОВЫХ ГРАНАТОВ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ И ПРИРОДНЫМ ДАННЫМ

Бобров А.В.^{1,2}, Дымшиц А.М.¹, Литвин Ю.А.²

¹МГУ, геологический ф-т, archi3@yandex.ru, ²ИЭМ РАН, Москва, Россия, litvin@iem.ac.ru

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 09-05-00027 и 08-05-00110).

Данные о составах глубинных пород и минералов широко используются для обоснования представлений о вещественном составе глубинных зон Земли. Особое место занимают минеральные ассоциации мейджоритового граната, содержащего твердый раствор пироксена, для которых предполагается кристаллизация при сверхвысоких давлениях в условиях низов верхней мантии и переходной зоны (Stachel, 2001; Gasparik, 2002) и разработаны подходы к определению условий формирования с учетом состава граната (Акаоги, Акимото, 1977). Изучение включений в природных алмазах позволило установить в этих гранатах избыток кремния (относительно 3 ф.е.) и примесь натрия, которая в ряде случаев превышает 1 мас.% Na₂O. Особенно богаты натрием гранаты эклогитовой ассоциации, поэтому экспериментальное изучение многокомпонентных систем, близких по составу к эклогитам, позволяет выявить условия и механизм формирования Na-содержащих мейджоритовых гранатов.

Проведено экспериментальное изучение при 7.0–8.5 ГПа и 1300–1900°C систем пироп Mg₃Al₂Si₃O₁₂ (*Prp*)–Na₂MgSi₅O₁₂ (*NaGrt*), моделирующей твердые растворы Na-содержащих гранатов, *Prp*–жадеит NaAlSi₂O₆ (*Jd*), в упрощенном виде отражающей фазовые отношения при плавлении богатых Na эклогитов, и *Prp*–Na₂CO₃. Полученные результаты показывают, что Na входит в *Grt* в виде компонента Na₂MgSi₅O₁₂ независимо от исходного состава системы. При этом на кристаллизацию Na-содержащих гранатов основное влияние оказывают температура, давление и состав расплава. Увеличение давления приводит к закономерному росту содержания Na в *Grt*. Такой же эффект наблюдается при снижении температуры вплоть до солидуса систем. Эксперименты доказали, что *NaGrt* совместим с богатыми натрием щелочными силикатными и карбонатно-силикатными расплавами и при 8,5 ГПа способен содержать не менее 1,5 мас. % Na₂O, что связано с существенным перераспределением Na в расплав по отношению к *Grt*. Повышенная щелочность расплавов подтверждается находкой *NaGrt* (1,37 мас. % Na₂O) в ассоциации с калийсодержащим *Cpx* (1,44 мас. % K₂O) в виде включений в алмазе Гвинеи (Stachel, 2001), а также многочисленными находками щелочных карбонатно-силикатных включений в природных алмазах. Тем не менее, более значительные вариации состава природных Na-содержащих мейджоритовых гранатов связаны с примесью *Maj*. Это указывает на широкий диапазон щелочности мантийных алмазообразующих расплавов.

Литература

Akaogi M., Akimoto A. Pyroxene-garnet solid-solution equilibria in the systems Mg₄Si₄O₁₂–Mg₃Al₂Si₃O₁₂ and Fe₄Si₄O₁₂–Fe₃Al₂Si₃O₁₂ at high pressures and temperatures // *Phys. Earth. Planet. Inter.* 1977. V. 15. P. 90–106.

Bobrov A.V., Kojitani H., Akaogi M., Litvin Yu.A. Phase relations on the diopside-hedenbergite-jadeite join up to 24 GPa and stability of Na-bearing majoritic garnet // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 2008. V. 72. P. 2392–2408.

Gasparik T. Experimental investigations of the origin of majoritic garnet inclusions in diamonds. // *Phys. Chem. Minerals.* 2002. V. 29. P. 170–180.

Stachel T. Diamonds from the asthenosphere and the transition zone. // *Eur. J. Mineral.* 2001. V. 13. P. 883–892.

МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ОКСИДЫ ИЗ СВЯЗУЮЩЕЙ МАССЫ КИМБЕРЛИТОВ ТРУБОК МАРСФОНТЕЙН (ЮАР), КАМАЧИЯ И КАТОКА (АНГОЛА)

Бовкун А.В., Анашкин С.М., Гаранин В.К.

bovkun2004@mail.ru, serg-geol@mail.ru, vgaranin@mail.ru

Исследование микрокристаллических (<100 мкм) оксидных минералов из связующей массы кимберлитов Якутской и Архангельской алмазоносных провинций показало, что они являются чуткими индикаторами условий зарождения, эволюции и становления кимберлитовых пород, поэтому особенности их состава и количественного соотношения могут использоваться в качестве косвенных критериев алмазоносности кимберлитов (Гаранин и др., 2009). Были изучены микрокристаллические оксиды из связующей массы кимберлитов одной из наиболее высокоалмазоносных тел Южной Африки – трубки Марсфонтейн, являющейся частью протягивающегося на восток-северо-восток куста трубок и трещиноватых структур Клипспрингер (McCarthy and Allan, 2007), и алмазоносных трубок Камачия и Катока, расположенных в провинции Лунда-Норте в северо-восточной части Анголы. Кимберлиты имеют различную специализацию микрокристаллических оксидов связующей массы: трубка Марсфонтейн – хромшпинелидовую, трубка Камачия – хромшпинелид-пикроильменитовую, трубка Катока – титаномагнетит-пикроильменитовую, что согласуются с распределением индикаторных минералов в тяжелой фракции кимберлитов данных тел.

Для связующей массы кимберлитов трубки Марсфонтейн характерна широкая распространенность Ti-содержащих пикрохромитов с очень высоким содержанием хрома и низким содержанием титана (53,6-61 мас.% Cr₂O₃; 1,2-3,6 мас.% TiO₂), что свидетельствует о зарождении формирующих ее кимберлитовых расплавов на очень больших глубинах в области термодинамической стабильности алмаза и является косвенным показателем ее высокой потенциальной алмазоносности. Неполный кристаллизационный тренд микрокристаллических шпинелидов указывает на высокую скорость подъема кимберлитового расплава к поверхности в условиях скачкообразно изменяющихся РТ-параметров и окислительного потенциала среды, что обусловило высокую степень сохранности алмаза при становлении данного тела. Показателем умеренной потенциальной алмазоносности кимберлитов трубки Камачия является широкая распространенность в связующей массе пород микрокристаллического Cr-содержащего пикроильменита (7,5-14 мас.% MgO; до 1,3 мас.% Cr₂O₃) и присутствие хромшпинелидов с содержанием хрома до 43 мас.% Cr₂O₃ (> 6,8 мас.% TiO₂). Протяженный кристаллизационный тренд шпинелидов и обилие последовательно формирующихся ульвешпинелей и титаномагнетитов являются индикаторами сравнительно медленного подъема кимберлитового расплава в условиях нарастающего окислительного потенциала, что неблагоприятно для сохранности алмаза. В связующей массе кимберлитов трубки Катока широко распространен ильменит разнообразного состава и Mg-содержащая ульвешпинель (до 33 мас.% TiO₂). Большинство зерен ильменита имеет ксеногенное происхождение, часть из них соответствует пикроильмениту глубинных парагенезисов. Края зерен магнетиального ильменита обычно резорбированы и/или замещены шпинелидами. Становление кимберлитов трубки Катока в условиях повышенной активности титана свидетельствует о высокой степени агрессивности минералообразующей среды по отношению к алмазу.

Таким образом, особенности количественного соотношения, химического и фазового составов микрокристаллических оксидов из связующей массы кимберлитов изученных тел Африки коррелируют с различной степенью алмазоносности этих пород.

Литература

Гаранин В.К., Бовкун А.В., Гаранин К.В. и др. Микрористаллические оксиды из кимберлитов России. – М.: ГЕОС, 2009.– 498 с.

2) McCarthy T.S., Allan J.G. A possible new alluvial diamond field related to the Klipspringer kimberlite swarm, South Africa // South African Journal of Geology. 2007. V. 110. P.503-510.

ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗА В КИМБЕРЛИТАХ

Богатиков О.А., Кононова В.А., Каргин А.В., Носова А.А.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия, victoria@igem.ru

Открытие алмазоносных кимберлитов с малым содержанием пирропа (главный поисковый минералогический признак алмаза) поставили перед геологами задачу - выработать новые дополнительные критерии поисков алмазов. Перспективными оказались петролого-геохимические признаки кимберлитов, включая:

- низкие содержания оксида титана и ряда редких элементов, в частности HFSE, низкие содержания HREE. Так, кимберлиты трубки им. В. Гриба (самой алмазоносной трубки Архангельской провинции (ААП) имеют самые низкие содержания HREE из всех проанализированных образцов севера Восточно-Европейской платформы (ВЕП). В Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) отмечен небольшой разброс HREE при общих низких их содержаниях в трубке Ботуобинская (1,6 ppm), в трубке Интранациональная (2,1 ppm);

- присутствие низко-титанистых и умеренно-титанистых кимберлитов - благоприятные признаки на алмазы. Геохимия кимберлитов в пределах провинции варьирует. По уровню содержания оксида титана выделено три типа: низко-, умеренно- и высоко-титанистые. В каждой из изученных алмазоносных провинций России (ВЕП и ЯАП) присутствуют все три петролого-геохимических типа кимберлитов.

- высокий уровень фракционирования РЗЭ, падение Zr/Nb, K/Ti, возрастание La/Sm, La/Yb отношений характеризуют алмазоносные кимберлиты. Так, в ААП $(Gd/Yb)_n > 10$ отмечен в алмазоносных кимберлитах трубки им. В. Гриба и в Золотицкого поля, а в неалмазоносных кимберлитах Кепинского поля $(Gd/Yb)_n = 3-4$;

- среди кимберлитов одной провинции к наиболее алмазоносным относятся разности, источник которых приближается к BSE ($\epsilon Nd(i)$ и $\epsilon Sr(i)$ близки к 0), либо отвечает обогащенной мантии EM I;

- установлена кольцевая и линейная зональность в пространственном распределении трубок с разным составом кимберлитов. Так, в пределах Далдыно-Алакитского района (Каргин и др., 2008) выделено 4 участка с концентрическим распределением кимберлитов разного состава. В центре - кимберлиты с повышенным содержанием MgO, TiO₂, Cr, Ni, от центра к периферии падают величины $\epsilon Nd(i)$ и $\epsilon Sr(i)$, а содержание алмазов возрастает. Зональное пространственное распределение кимберлитов известно в провинции Слейв (Канада), в пределах ВЕП (Кононова и др. 2007), в том числе в Зимнебережном поле.

Петролого-геохимические особенности кимберлитов определяются составом мантии, характером мантийного метасоматоза ("расплавный", "флюидный") и рядом других процессов. Резкое падение отношений Zr/Nb, K/Ti в высоко-титанистых кимберлитах свидетельствуют об участии в их генезисе процессов "расплавного" метасоматоза (Pearce, 1983). Использование петролого-геохимических критериев расширит возможности обнаружения месторождений алмаза в кимберлитах России.

Литература

Каргин А.В. Петрология кимберлитов Далдыно-Алакитского района (Якутия).

Автореферат канд. диссерт. Москва, ИГЕМ РАН. 24 стр. 2009 г.

Кононова В.А., Голубева Ю.Ю., Богатиков О.А., Каргин А.В. Алмазоносность кимберлитов Зимнебережного поля (Архангельская область) // Геол. Рудн. Местор., 2007, том 49, № 6, с. 483-505.

Pearce J.A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins // Continental basalts and mantle xenoliths. Natwich: Shive publ., 1983. P. 230-249.

КАРБОНАТИТЫ – ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ И РУДОНОСНОСТЬ

Владыкин Н.В.

Институт геохимии СО РАН, Иркутск, vlad@igc.irk.ru

Карбонатитовая проблема – одна из крупнейших в современной петрологии, геохимии и геологии рудных месторождений. С ними связаны крупнейшие месторождения редких элементов и других полезных ископаемых. Карбонатитами было принято называть **эндогенные карбонатные породы с более чем 50 % карбонатной составляющей, имеющие определенный набор редких элементов, и связанные с комплексами ультраосновных-щелочных пород**. Были выделены кальцитовые, доломитовые, анкеритовые и сидеритовые карбонатиты. Впервые формационные типы карбонатитов были выделены по геолого-петрографическим химическим и генетическим факторам (Гинзбург, Самойлов 1983). Мы предлагаем их выделять по двум критериям: **тип щелочности (Na или K) щелочных пород комплексов и время отделения карбонатитовой жидкости от силикатных расплавов различных уровней дифференциации первичной магмы**. Эти два параметра генетически связаны, и от них зависит и тип рудоносности комплексов. Как было выяснено ранее, все **карбонатиты являются поздними дифференциатами** глубинных по происхождению щелочных комплексов, имеющих мантийные источники. По предложенному критерию можно выделить три формационных типа карбонатитов и в четвертый тип мы объединяем все карбонатитовые проявления неясного генезиса.

Первый формационный тип карбонатитов наименее дифференцированный и связан с K-ультраосновными кимберлитовыми магмами. Эти карбонатиты образуют жильные тела или брекчии в диатремовых структурах с ксенолитами кимберлитов (Маршинцев 1974). Первичная кимберлитовая магма содержит большое количество карбонатной составляющей с большим внутренним давлением CO₂ в магме, что и приводит к ее взрыву в приповерхностной зоне Земной Коры. При этом карбонатная и силикатная составляющие разделяется и обе они вскипают. Силикатная часть образует кимберлитовую туфобрекчию, а карбонатная – газ CO₂ и H₂O (при окислении H и CH) и они тут же карбонатируют и серпентизируют кимберлитовую силикатную часть. Остаточный гидротермальный раствор кристаллизуется в виде кварц-карбонатных жил. Если магма не взрывается, то кристаллизуются массивные кимберлиты, а карбонатная составляющая отделяется в виде солевого расплава и кристаллизуется в виде даечных тел. Для таких карбонатитов характерна кимберлитовая ассоциация редких элементов (Cr, Ni, Co, Ba, Sr) и редко Nb. Они как и кимберлиты иногда содержат ксеногенные алмазы.

Второй формационный тип карбонатитов связан с ультраосновными-щелочными комплексами Na - специализации. Это карбонатиты Кольской, Маймеча-Котуйской, Саянской и др провинций. Отделение карбонатно-силикатной составляющей в них идет при более низких температурах при кристаллизации пироксенитов и ийолитов. Эти карбонатиты более дифференцированы и содержат накопившиеся высокотемпературные редкие элементы Nb, Ta и U. Силикатные минералы карбонатитов содержат в структуре радикал [SiO₄]- это гранаты, форстериты, клиногумиты и тд.

Третий формационный тип карбонатитов связан с K- щелочными комплексами. Это Мурунский вулcano-плутон на Алданском щите, щелочные вулканы Африки и Монголии, Маунтин Пасс в США, Баюнь Обо в Китае, Тамил-Наду в Индии. Отделение силикатно-карбонатной составляющей в них идет на еще более поздней стадии дифференциации магмы при кристаллизации сиенитов и гранитов. Силикатные минералы в них более обогащены кремнием. В них редки Nb и

Та, а характерны месторождения TR, Ba – Sr, флюорита. В особых случаях встречаются самоцветы чароит и дианит.

Природа в своих проявлениях разнообразна и в четвертый формационный тип мы объединяем карбонатитовые проявления неясного генезиса.

ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ ЛАМПРОИТОВ И ВОПРОСЫ ИХ АЛМАЗОНОСНОСТИ

Владыкин Н.В.

Институт геохимии СО РАН, Иркутск, vlad@igc.irk.ru

За последние 25 лет накоплен большой материал по лампроитам, но из-за разнообразия химического и минерального состава они уже не вмещаются в рамки одной группы пород. На основе анализа материала мы предлагаем выделить их 4 формационных типа.

Лампроиты- это вулканические, субвулканические и интрузивные породы, состоящие из разных соотношений главных шести породообразующих минералов (имеющие устойчивый химсостав): оливина, клинопироксена, слюды, лейцита, К-щелочного амфибола и К-полевого шпата (санидина). В зависимости от соотношений этих минералов, химсостав породы значительно варьирует: SiO_2 - 40-65%, Al_2O_3 - 5-12%, MgO -30-5%, K_2O - 3-12%, $\text{MgO} > \text{CaO}$, $\text{K}_2\text{O} \gg \text{Na}_2\text{O}$. Лампроиты - это высококалиевые и высокомагнезиальные породы лейцитового серии. Выделяются оливиновые, лейцитовые и санидиновые разности. Первым диагностическим минеральным признаком лампроитов, является **полное отсутствие (даже запрет) натриевых лейкофаз: плагиоклаза и нефелина**. Обычно в лампроитах не встречается и мелилит. Если в калиевых щелочных породах есть плагиоклаз, то это не лампроиты. Вторым диагностическим признаком является состав породообразующих минералов: оливин - 86-94% Fo- минала, пироксен - диоксид-салитового ряда, слюда - Fe-флогопит - Ti-флогопит - тетраферрифлогопит, амфибол - ряд К-рихтерит - К-арфведсонит, лейцит содержит FeO - 1-4% и избыток SiO_2 , КПШ - чисто калиевый, и содержит 0,5-4% FeO. Акцессорные минералы: хромит, Cr-магнетит, перовскит; титанаты - прайдерит, джеппеит, армалколит; Zr-Ti-силикаты - вадеит, делиит, К-батисит, даванит. Большинство из них встречаются в агпаитовых лейцитовых лампроитах, а для алмазоносных оливиновых лампроитов характерны: хромит, Cr-магнетит, перовскит, может быть, сфен, апатит и, редко, циркон. Имеется несколько вариантов геологических тел лампроитов: 1. лампроиты образуют отдельные вулканы и диатремы (Австралия, Испания и США. Обычно они имеют молодой возраст (третичный и четвертичный); 2. лампроиты образуют отдельные тела (силлы, дайки и диатремы) пространственно и генетически связанные с кимберлитами (Прианабарье, Финляндия, Китай, Индия и др.; 3. лампроиты образуют отдельные тела (силлы и дайки) среди других К-щелочных пород, с которыми они связаны пространственно и генетически и имеют одинаковый возраст (Алдан); 4. лампроиты образуют различные тела (дайки) среди других пород в даечных поясах (Алтай, Парагвай, Монтана (США), Урал и Карелия. Эти 4 генетических типа лампроитов можно объединить в следующие формационные комплексы: 1) лампроитов «чистой» линии, 2) пикрит (кимберлит)-альнеит-лампроитовую, 3) массивов К-щелочных пород, 4) дайковых поясов.

В зависимости от динамики внедрения и кристаллизации лампроиты бывают вулканические (потоки лавы и диатремы), субвулканические (силлы и дайки) и интрузивные (отдельные тела, дайки, штоки и фазы внедрения в массивах).

Внутри формации «чистой» линии существуют петрогенетические разновидности - оливинсодержащие (Австралия, Испания) и безоливиновые (Лейцит Хиллс-США). Возможно, что эти две разновидности лампроитов образовались при частичном плавлении разных мантийных пород: из пироксенитов (Лейцит Хиллс), и из оливинсодержащих ультраосновных пород (Австралия и Испания).

Алмазоносность лампроитов зависит от двух факторов: глубины образования (ниже алмазодержащего слоя) и скорости кристаллизации – что бы алмазы не успели

сгореть. Поэтому наиболее алмазонасны туфовые лампроиты и их диатремовые брекчии.

ИСТОЧНИКИ ПРИРОДНОГО АЛМАЗА И ПОЛИГЕННОСТЬ УСЛОВИЙ ЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Гаранин В.К.

МГУ им. М.В. Ломоносова, vgaranin@mail.ru

За последние 15-20 лет при исследованиях алмаза появилось много новых данных, полученных с использованием современных локальных методов исследования минерального вещества. Спектр источников алмаза расширился, а также установлено, что внутреннее строение этого минерала оказалось весьма сложным. Наступила пора переосмыслить весь тот огромный материал, который был накоплен в результате исследований этого уникального минерала и его минеральных парагенезисов из различных типов пород. Источники алмаза весьма разнообразны, начиная с космического пространства и кончая различными породами мантии и самых верхних слоев земной коры, его формирование происходило в широком временном диапазоне в течение несколько млрд. лет, начиная с ранних этапов развития Солнечной системы.

На сегодня известно несколько генетических типов алмаза: 1. Алмазы из метеоритов; 2. Алмазы из астроблем; 3. Алмазы из кимберлитов, лампроитов и оливиновых мелилититов; 4. Алмазы из метаморфических пород (эклогиты, метапилиты, гнейсы); 5. Алмазы из различных щелочно-ультраосновных, щелочно-базальтоидных, ультраосновных пород (не кимберлитового генезиса), лампрофиров (минетты), коматиитов и карбонатитов.

Месторождения алмазов связаны с кимберлитами и лампроитами, а потенциально промышленно алмазоносными могут быть астроблемы (например, известная Попигайская структура), трубки оливиновых мелилититов (на примере Архангельской алмазоносной провинции) и комплексы метаморфических пород (в первую очередь, Кокчетавский массив метаморфических пород) (Гаранин, Кудрявцева, 2007). В Попигайской астроблеме и в Кокчетавском массиве установлены значительные содержания алмазов при низких их качественных характеристиках.

Все изученные генетические типы алмаза характеризуются своими особыми типоморфными свойствами (размер, габитус, микропримеси, изотопные характеристики углерода, кислорода, азота, состав включений и др.), характеризующими условия образования алмаза разных генетических типов.

Обобщая ранее полученные оригинальные и литературные материалы, следует подчеркнуть, что полигенность природного алмазообразования приобретает в настоящее время глубокий генетический смысл. Очевидно, что сегодня можно проследить образование алмаза во всем геологическом и историческом масштабе времени формирования планеты Земля и в разных физико-химических обстановках (рассматривая РТ-параметры и среду кристаллизации). При этом ясно, что алмазообразование также связано с эволюцией звезд и космических тел всей Вселенной. Новые данные все более и более расширяют спектр алмазоносных пород и дают нам возможность предложить новые гипотезы и концепции их образования, органично связывая эти гипотезы с эволюцией планеты Земля и других планет Солнечной системы, а также с зарождением и эволюцией новых звезд.

Литература

Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П. Полигенность и дискретность природного алмазообразования. В кн.: Смирновский сборник-2006. М: ВИНТИ РАН. С. 53-91

МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Гаранин К.В.¹, Третьяченко В.В.², Гаранин В.К.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, vgaranin@mail.ru, ²НИГПИ АК «АЛРОСА»,
alrosacn@atnet.ru

Открытие в начале 80-х годов прошлого столетия на Северо-Западе Европейской части РФ коренных месторождений алмазов в пределах Зимнебережного района (Архангельская алмазоносная провинция – ААП), положило начало исследованию разноранговых объектов щелочно-ультраосновного вулканизма данного региона. Здесь известно около сотни детально изученных проявлений раннегерцинских алмазоносных кимберлитов, и конвергентных пород, расположенных в районах Кулойского плато и Онежского полуострова, приуроченных к разным структурам фундамента и платформенного чехла, характеризующихся различным вещественным составом, внутренним строением, возрастом формирования и содержанием алмазов. В процессе изучения этих интереснейших образований накоплен и обобщен огромный материал по их геологии, петрологии, минералогии, геохимии и структурной позиции, который вносит существенный вклад в развитие наших знаний о Земле.

Выполненные исследования позволили обосновать основные аспекты формационной принадлежности вулканических комплексов, по результатам которого в составе щелочно-ультраосновной формации Юго-Восточного Беломорья выделено две субформации: алмазоносных кимберлитов-беспироксеновых щелочных пикритов с месторождениями им. М.В. Ломоносова и им. В. Гриба и «безрудных» фельдшпатоидных пикритов-оливиновых мелилититов, формирование которых происходило дискретно на протяжении раннегерцинского тектоно-магматического цикла (410-340 млн. лет), при этом установлено, что месторождения алмазов были сформированы в рамках самой поздней фаменско-ранневизейской эпохи (370-340 млн. лет). Особая роль в формировании алмазоносных кимберлитов отводится региональным фазам сжатия и литосферной складчатости, тогда как для более ранних типов вулкаников – это чередование эпизодов растяжения (рифтогенез, базальтовый вулканизм) и сжатия.

Установлен контроль алмазоносных кимберлитов ААП высокоомной областью палеопротерозойского сегмента Кольско-Кулойского блока кристаллического фундамента, которая в рифее-раннем венде была унаследована преимущественно положительными структурами внешней (краевой) зоны Притиманского перикратона.

Для вышеуказанных месторождений изучены петрографические, минералогические, петрохимические и геохимические особенности кимберлитов, выявлены преобладающие типы ксенолитов мантийных пород в составе тел, с выделением двух минеральных парагенезисов высокобарофильных акцессориев – хромдиопсид-пироп-хромитового для месторождения им. М.В. Ломоносова и хромдиопсид-пироп-хромит-пикроильминитового для трубки им. В. Гриба. Особенности химизма и взаимоотношения отдельных минеральных фаз дали возможность оценить P-T условия зарождения кимберлитовых магм. Получены новые данные об алмазе из месторождений ААП, среди алмазов месторождений выделяется несколько перидотитовых и эклогитовых популяций. При сопоставлении данных по морфологии алмаза из высокоалмазоносной трубки им. В. Гриба (1,0-1,5 карат/т) и менее алмазоносных трубок месторождения им. М.В. Ломоносова (0,5-1,2 карат/т) выявлены существенные различия. Условия заключительного этапа формирования кристаллов этих двух месторождений резко отличаются. Более агрессивное воздействие флюидов привело к образованию глубоких следов травления и

деформации, формированию додекаэдрических форм кристаллов алмаза в трубках месторождения им. М.В. Ломоносова в большем масштабе.

Проведенные исследования и обобщение всего накопленного материала о месторождениях алмаза на территории Зимнего Берега дают возможность планировать стратегию поиска, разведки и оценки новых алмазных месторождений.

ПОИСК НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ЛИБЕРИИ

Дьяконов Д.Б.¹, Гаранин К.В.², Гаранин В.К.²

¹JSC DBD, Либерия, d.b.dyakonov@rambler.ru, ²МГУ им. М.В. Ломоносова, vgaranin@mail.ru

В результате минералогических методов поисков новых месторождений алмаза на территории Западной Либерии были изучены и опробованы аллювиальные отложения рек Кумгбо и Ямбассен. Актуальность поисков определяется наличием находок алмаза на площадях поисков, при этом их коренные источники до сих пор не установлены. Территория поисков расположена в пределах границ Западноафриканского кратона, который практически не перерабатывался после эбурнейской орогении и сложен катархейскими, архейскими и протерозойскими сериями пород фундамента. Западноафриканский кратон, частично перекрытый осадочными образованиями верхнедокембрийского, палеозойского и четвертичного возраста, в южной своей части обнажается на выступе Ман, поэтому данная область нередко именуется кратоном (областью кратонизации) Ман.

Ранее обнаруженные кимберлитовые дайки и трубки Западной Либерии, формируют три группы тел, объединенные в поля Вижуа (бассейн верхнего и среднего течения р. Лофа), Мано Годуа (бассейн р. Мано) и Кумгбо (бассейн р. Кумгбо). Кимберлитовые интрузии полей Мано-Годуа и Кумгбо представлены телами мелового возраста, в то время как тела поля Вижуа сложены кимберлитами позднепротерозойского возраста. Кимберлитовые дайки и трубки приурочены к нескольким параллельным разломным зонам, протяженностью в несколько километров. Дайки (всего их обнаружено несколько десятков), как правило, простираются в северо-западном направлении, а их мощность достигает нескольких метров. На сегодняшний день на территории Западной Либерии установлено 6 трубок, наиболее крупные из них, локализованные в районе Мано-Годуа, обладают диаметром размером до 300 м. С поверхности и до глубины в нескольких метров кимберлиты полностью латеритизированы и преобразованы в пестроцветные каолиновые глины. До настоящего времени отработка коренных месторождений алмаза не производилась. Отметим, что отложения кратерной фации в кимберлитовых телах Либерии не установлены, что предполагает значительный эрозионный срез коренных источников алмаза и объясняет наличие россыпей алмаза, приуроченных к многочисленным водопотокам. Основные россыпные месторождения алмаза приурочены к известным кимберлитовым полям и до сих пор разрабатываются компаниями и старателями.

В составе проб, отобранных на поисковых площадях рек Кумгбо и Ямбассен были установлены типичные индикаторные минералы кимберлитов (ИМК): алмазы, ильмениты (пикроильмениты) и гранаты (пироп-альмандинового ряда). Также в составе осадочных толщ было выявлено присутствие широкого ряда различных минералов некимберлитового генезиса (шпинели, корунды, цирконы и др.), которые связаны своим генезисом с различными породами фундамента и могут быть использованы в качестве характеристики локальных коллекторов ИМК. Обнаружено, что большее распространение и более крупный размер имеют ИМК из проб участка р. Кумгбо, по сравнению с ИМК из проб участка р. Ямбассен. С применением оптических и электронно-зондовых (микроскопия, спектроскопия и микроанализ) методов исследований в Лаборатории месторождений алмаза МГУ им. М.В. Ломоносова установлено, что зерна ИМК из проб участка Кумгбо характеризуются меньшей степенью механического износа, повышенной долей алмазов, а также ильменитов и гранатов алмазного парагенезиса. При сравнении химического состава пикроильменитов определено, что потенциальная алмазоносность вероятных коренных источников алмазов (кимберлитов) с территории района р. Кумгбо выше, чем у вероятных источников из района р. Ямбассен. Это подтверждается и количеством прямых находок алмаза в составе поисковых проб.

С учетом полученных данных прогнозируется обнаружение новых кимберлитовых тел, включая коренные месторождения алмаза, в пределах опробованной поисковой площади р. Кумгбо и в нескольких десятках километров севернее поисковой площади, приуроченной к р. Ямбассен.

ПОЛИЦЕНТРИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т.

Воронежский Государственный Университет, Воронеж, Россия, savko@geol.vsu.ru

Поля развития кимберлитов и родственных пород с различными геохимическими характеристиками формируют концентрическую геохимическую зональность в пределах ЯАП, что впервые отметил В.А. Милашов (1965), а позже Ф.В. Каминский (1972). От периферии к центру родственные кимберлитам магматиты сменяют кимберлиты субфаций: пироповой, алмаз-пироповой, высокоалмазоносными кимберлитами. В кимберлитах, удаленных от центра ЯАП, указали эти авторы, преобладают ромбододекаэдры, высока роль округлых алмазов. В центральной части кимберлиты содержат преимущественно высокотемпературные октаэдры. Новые открытия заставляют совершенствовать эту и другие гипотезы, например, об общем омоложении алмазоносного магматизма к периферии провинции. Из принципиально важных материалов отметим: 1 – обнаружение в пределах Лучаканского и Эбеляхского полей неизвестных ранее нижнетриасовых (235 млн. лет, по флогопиту, К-Аг) пластовых флогопит-оливиновых массивных мелкопорфировых кимберлитов с большим комплексом минералов-индикаторов. Их алмазы (до 0,11 кар./т) относят к I разновидности, по Ю.Л. Орлову, – октаэдры; 2 – открытие раннепротерозойских алмазоносных перидотитов на месторождении Таёжное (между г.г. Чульман и Алдан), важное дополнение к находкам потенциально алмазоносных лампроитов PR₁ (1818-1870 млн. лет, К-Аг, по флогопиту) «Чаро-Алданской лампроитовой провинции»; 3 – обнаружение алмазов «с признаками древности» в районах, примыкающих с востока к Алданскому щиту (р. Аллах-Юнь, до 2,6 карат, связывают с рифейскими источниками), алмазов и спутников из прогнозируемых среднетриасовых, батских, апт-сеноманских тел у пос. Говорово на левобережье Лены; 4 – обилие новых радиологических дат для кимберлитов, лампроитов, карбонатитов Восточной Сибири; 5 – свидетельства позднерифейского возраста лампроитов Куонамской площади (диатрема Халахтахская), бассейна р. Хорбусуонка. Открытие там же среди пород наиболее древней далдынской серии в центре Анабарского щита среднепалеозойских кимберлитов.

Большинство специалистов стали склоняться к мнению, что эоценовые алмазоносные Попигайская и Саатлинская «астроблемы» северо-восточной Якутии оказываются очаговыми вулканно-тектоническим структурами земного происхождения. Следовательно, их становление следует тоже рассматривать в общей канве становления ЯАП. Новая аргументация появилась в дискуссии о возрасте и типе коренных источников алмазов «эбеляхского», или «северного» типа. Эти и другие материалы учтены при рассмотрении особенностей становления продуктивных и потенциально продуктивных тел Восточной Сибири (субпровинции Вилюйская, Анабарская, Тунгусско-Ангарская, Алданская), рассмотренных по историко-минерагеническим этапам раннепротерозойскому, позднепротерозойскому, каледонскому (раннепалеозойскому), раннегерцинскому (D₃-C₁), позднегерцинскому (C₂-T₂), киммерийскому (T₃-J), раннеальпийскому (меловому), позднеальпийскому (KZ). Для каждого этапа составлены картографические материалы, на которых, помимо сведений о потенциально алмазоносных магматитах, обобщены данные и по карбонатитам, «родственникам-антагонистам» кимберлитов. Выявлены общие и частные черты для становления продуктивных магматитов каждой субпровинции в связи со спецификой тектонической активности в соседних внеплатформенных

структурах. Учен фактор изменчивости контуров Сибирской платформы в каждый этап (в рифее платформа была вдвое больше по площади, включала Колымско-Индигирский и Охотский массивы).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ СТРУКТУР КОНТРОЛИРУЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА И АЛМАЗОВ

Игнатов П.А.

Российский Государственный Геологоразведочный Университет (РГГРУ)

Проблема поисков месторождений урана и алмазов, локализованных в осадочных толщах на закрытых территориях весьма актуальна, поскольку оруденение связано со скрытыми нарушениями. Использование оригинальных и усовершенствованных традиционных методов выделения скрытых рудоконтролирующих структур показаны на примерах месторождений урана Минусинского и Тувинского прогибов, Северного Казахстана, Московской синеклизы и Южной Карелии и алмазных месторождений в Западной Якутии и Архангельской области. Фактической основой служит специальная собственная документация керн и обнажений в объеме более двух миллионов погонных метров осадочных разрезов рифея, венда, кембрия, ордовика, девона и карбона, слагающих верхний этаж наложенных впадин и платформенный чехол.

Скрытые тектонические структуры в осадочных породах отличаются незначительными амплитудами смещения блоков (от сантиметров до первых десятков метров), неоднозначно и слабо дешифрируются в геофизических полях. Для их выделения необходимо использовать бурение поисковых скважин.

В рассматриваемых закрытых и перекрытых территориях *основные геологические методы* выделения скрытых рудоносных структур включают: установление признаков разных генетических типов деформаций при специальной документации керн и искусственных обнажений; установление относительного возраста деформаций и картирование признаков структур, сформированных в этапы преобладания растяжения или сжатия с использованием тектоно-динамических моделей формирования разрывных нарушений, особенно сдвигов; структурно-морфологический анализ региональных маркирующих горизонтов и поверхностей древних несогласий, с целью выделения контрастных морфоструктур, как очагов разгрузки древних грунтовых, артезианских и термальных трещинных вод; выявление и прослеживание конседиментационных нарушений.

К *вспомогательным методам* следует отнести: традиционный анализ глубинного строения по геофизическим данным; изучение новейших морфоструктур по рельефу и космоснимкам; относительно редко используемые структурно-петрофизические; выявление и картирование оригинальных флюидоразрывных образований (флюидизитов); редко встречающееся для осадочных толщ изучение и картирование вторичной минерализации, включая фотолюминесценцию кальцита и изотопов углерода и кислорода вторичных кальцитов; специальный анализ древних гипергенных образований.

Картирование скрытых нарушений, выявленных разными методами, выявление их связи с рудными образованиями и локальное прогнозирование осуществляется с использованием современных геоинформационных систем.

Использование перечисленных методов позволило установить приуроченность урановых руд стратиформных Приморского, Онкажинского, Абайского и жильно-штокверковых Камышевого, Викторовского и др. месторождений к конседиментационным разломам и локальным поднятиям, осложняющим девонские впадины, откартировать pull apart зоны сдвигов, вмещающих алмазные месторождения трубок Ботубинская, Нюрбинская, Майская и Мархинская, выполнить разномасштабные прогнозные построения в отмеченных регионах.

КАРБОНАТИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ И РОЛЬ МАНТИЙНОГО МЕТАСОМАТОЗА В ЕГО ГЕНЕЗИСЕ.

Когарко Л.Н.

Карбонатитовая проблема – одна из важнейших в современной петрологии, геохимии и геологии рудных месторождений. С карбонатитовыми комплексами мира связаны крупнейшие месторождения редких элементов: ниобия, тантала, редкоземельных и радиоактивных элементов, циркония, стронция, бария, железа, меди, апатита, флюорита, флогопита, вермикулита и других полезных ископаемых. Современный рынок ниобия, тантала и редких земель контролируется разработкой карбонатитовых месторождений. Карбонатитовые комплексы развиты в ультраосновных –щелочных и щелочных провинциях.

Щелочной и карбонатитовый магматизм в истории Земли возник на рубеже 2,5 - 2,7 млрд.лет

В процессе эволюции Земли происходит непрерывное нарастание его активности. Появление щелочных пород на границе архей - протерозой совпало с целым рядом крупных событий на Земле. Большинство авторов именно с этим рубежом связывают смену геодинамического режима нашей планеты - к тектонике плюмов присоединилась тектоника плит. Глобальные проявления тектоники плит на рубеже архей - протерозой вызвали субдукцию уже значительно окисленной океанической коры, обогащенной летучими компонентами. В качестве геохимического следствия глобальной дегазации субдуцированного материала и высвобождения окисленного флюида (воды и углекислоты) может начаться крупномасштабный метасоматоз мантии, ведущий к возникновению обогащенных резервуаров – источников, щелочных пород, карбонатитов и кимберлитов.

В настоящее время развивается несколько моделей генезиса карбонатитов-1 возникновение карбонатитовых расплавов в процессах длительной дифференциации ультраосновных-щелочных магм, 2-генерация карбонатитовых жидкостей в результате несмесимости в силикатно-карбонатных системах. Проведенное нами подробное изучение геохимии мантийных нодулей и первичных мантийных карбонатов позволило заключить, что карбонатитовая магма может генерироваться в результате частичного плавления метасоматизированной мантии.

В метасоматизированных мантийных ксенолитах развиты минералы, обогащенные редкими элементами и летучими компонентами-apatит, киношитоцит, карбонат, содержащий до 4% SrO, перовскит. Нами впервые в метасоматической мантии В. Антарктиды был обнаружен генримейерит

Полученные результаты позволяют развить двухстадийную модель генезиса карбонатитовых магм обогащенных редкими элементами: первая стадия – метасоматическая карбонатизация и верлитизация мантийного субстрата; вторая стадия – частичное плавление верлитизированного перидотита, содержащего карбонаты, в результате которого возникают несмешивающиеся жидкости - алюмосиликатный расплав, натрийсодержащий карбонатит и сульфидная жидкость. Мы полагаем, что в ходе процессов адиабатической декомпрессии (при подъеме диапиров) метасоматизированной и карбонатизированной мантии осуществлялось частичное плавление, в результате которого происходила генерация карбонатитовой магмы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИПОМОРФНЫХ СВОЙСТВ АЛМАЗА АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОГО ПРОЦЕССА

Копчиков М.Б., Гаранин В.К.

МГУ им. М.В. Ломоносова, msu@kopchikov.ru, vgaranin@mail.ru

Обобщение обширного материала по изучению важнейших типоморфных свойств алмаза ААП в лаборатории месторождений алмаза МГУ имени М.В. Ломоносова позволило выявить ряд критериев, которые могут успешно решать задачи, связанные с прогнозом, поиском и оценкой месторождений алмаза (Кудрявцева и др., 2005; Палажченко, 2008; Копчиков, 2009).

Положительным критерием наиболее высокоалмазоносных тел типа В. Гриба в ААП является повышенное содержание «безазотных» или близких к ним ($N_A < 180$ ат. ppm) кристаллов алмаза преимущественно октаэдрического габитуса с хорошо выраженным тригональным развитием граней, характеризующихся высокими качественными показателями (первая популяция) (Копчиков, 2009). Высокое количество округлых додекаэдроидов и вместе с этим повышенное содержание кубических алмазов – тетрагексаэдроидов характерно для кимберлитовых трубок, подобных диатремам месторождения им. М.В. Ломоносова с различной степенью алмазоносности и качеством сырья.

Согласно работе В.В. Третьяченко (2008), трубка-месторождение им. В. Гриба образует единое рудное поле, которое получило название – Черноозёрское. Резкое отличие типоморфных свойств алмаза кимберлитовой трубки им. В. Гриба по сравнению с алмазами из тел оливиновых мелилититов Верхотинского поля, позволяет говорить о справедливости отнесения её территории в отдельное поле, что может быть использовано для более детального районирования Зимнебережного района ААП.

В месторождении им. В. Гриба и трубке им. Ломоносова месторождения им. М.В. Ломоносова по массе преобладают кристаллы первой популяции с высокими качественными показателями. В то же время, крупные кристаллы кимберлитовой трубки Снегурочка, расположенной на юге Золотицкого поля, вблизи месторождения им. М.В. Ломоносова представлены в большинстве своем индивидами той же первой популяции. Это позволило выявить близость алмазов трубки Снегурочка и трубок им. В. Гриба и им. Ломоносова, что впоследствии дало основание сделать предположение о её высоком алмазоносном потенциале.

Преобладание округлых форм алмаза, особенно в мелком классе крупности, в большинстве трубок и тел ААП, фиксируемых степенью округлости, кривогранности и характером растворения кристаллов может выступать, как признак достаточно невысокой перспективности алмазоносных тел, например Кепинского поля.

Вся совокупность накопленных данных по алмазу ААП является основой для успешного прогноза и поиска алмазных месторождений в европейской части России.

Литература

Копчиков М.Б. Типоморфные особенности алмаза Архангельской алмазоносной провинции. Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ. 2009. 25 с.

Кудрявцева Г.П., Посухова Т.В., Вержак В.В. и др. Атлас: Морфогенез алмаза и его минералов-спутников из кимберлитов и родственных им пород Архангельской алмазоносной провинции. М.: Полярный круг. 2005.

Палажченко О.В. Алмаз из месторождений Архангельской алмазоносной провинции. Автореф. дис. канд. геол. наук. Москва: МГУ. 2008. 24 с.

Третьяченко В.В. Минерагеническое районирование кимберлитовой области Юго-Восточного Беломорья. Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ. 2008. 30 с.

КИМБЕРЛИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ – ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АЛМАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯАП

Костровицкий С.И.

Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия, serkost@igc.irk.ru

По уровню содержания $\text{FeO}_{\text{сум}}$, TiO_2 и K_2O выделяется 5 петрохимических типов. Из них 3 типа кимберлитов, которые обнаруживаются в южной половине Якутской провинции – 1) высоко-Mg, низко-K, 2) высоко-Mg, высоко-K и 3) Mg-Fe являются алмазоносными, образующими месторождения алмазов. Два Fe-Ti петрохимических типа распространены в северной части провинции и являются убогоалмазоносными.

Детальное изучение коренных месторождений алмазов - кимберлитовых трубок показало, что большинство из них относится к многофазным образованиям. В строении таких трубок, как Мир, Удачная-западная, Удачная-восточная, Айхал, участвуют не менее пяти структурно-текстурных разновидностей кимберлитов. Кимберлиты разных фаз внедрения образуют внутри трубок, как правило, отдельные самостоятельные тела, особенности контактовых взаимоотношений между которыми помогают установить последовательность их внедрения. Оказалось, что в большинстве исследованных трубок начальным фазам внедрения отвечают порфиновые кимберлиты, а конечным - автолитовые брекчии. Такая последовательность заполнения характерна для обоих трубочных тел Удачная, Айхал, Зарница. Исследование петро- и геохимических особенностей кимберлитов трубок показывает, что большинство самостоятельных фаз внедрения имеет четкую индивидуализированную характеристику. В трубках Удачная-восточная и Удачная-западная от начальных фаз внедрения к конечным четко проявляется тенденция к убыванию содержаний TiO_2 , $\text{FeO}_{\text{сум}}$, K_2O и P_2O_5 , постепенно растет магнезиальность кимберлита. С поведением показательных оксидов согласуются и минералогические особенности кимберлитов, которые выражаются в постепенном возрастании к заключительным фазам внедрения относительного высоко-Mg оливина и значительном снижении содержаний пикроильменита.

Вертикальная глубинная зональность трубочных месторождений алмазов обусловлена сменой с глубиной доминирующего типа кимберлитов. Начальные фазы внедрения, представленные массивными разновидностями кимберлитов, распространены в нижних частях трубок, а автолитовые брекчии, являющиеся заключительными фазами внедрения, более широко развиты в верхних частях трубок. Эта закономерность является основной причиной отмечающегося (Боткунов, 1964; Маракушев, 1981) устойчивого понижения алмазоносности кимберлитов с глубиной трубок.

Рядом исследователей были установлены петрохимические и минералогические критерии алмазоносности кимберлитов. Работоспособность критериев алмазоносности находит объяснение при рассмотрении генезиса формирования кимберлитовых пород. Отсутствие корреляции между изотопно-геохимическими и петрохимическими параметрами указывает на существование самостоятельных мантийных источников для петрогенных и редких некогерентных элементов кимберлитов. Предполагается, что мощный поток флюида из астеносферного источника при подъеме в условиях гетерогенной литосферы провоцировал образование локальных кимберлитовых очагов, которые собственно и обусловили образование контрастных петрохимических типов кимберлитов. В формировании макрокомпонентного состава кимберлитов, помимо расплава, иногда ведущее значение имел обломочный макрокристалльный материал мантийного происхождения. От того, какие породы мантии оказались в большей мере брекчированы и захвачены флюидным расплавом, зависел и состав кимберлитов, и их алмазоносность. Высокая насыщенность обломочным материалом дунит-

гарцбургитового парагенезиса, установленная в кимберлитах трубок
Интернациональная, Айхал (месторождениях с ураганной продуктивностью),
предопределила их высоко-Mg состав.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ АЛМАЗА И СИНГЕНЕТИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПО ДАННЫМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Литвин Ю.А.

ИЭМ РАН, Черноголовка, Московская обл., litvin@iem.ac.ru

Поддержка: грант РФФИ № 08-05-00110.

Концепция карбонатно-силикатных материнских сред для доминирующей массы природных алмазов (Litvin, 2007) отвечает массиву минералогической информации о веществах, захваченных алмазами *in situ* из ростовых расплавов. Она согласуется с результатами физико-химического эксперимента на основе критерия сингенезиса алмаза и включений, раскрывающими поведение ростовых расплавов при алмазообразовании. Многокомпонентные алмазообразующие среды изменчивы по содержаниям главных и второстепенных компонентов, ограничиваясь областями карбонатитовых составов. Обобщенный состав материнских сред, фрагментарно включенных в природные алмазы, раскрывается многокомпонентной гетерогенной системой $\text{MgO} - \text{CaO} - \text{FeO} (\text{Fe}, \text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{MnO} - \text{NiO} (\text{Ni}) - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3 (\text{Cr}) - \text{TiO}_2 - \text{ZrO}_2 - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{CuS} (\text{Cu}_2\text{S}) - \text{FeS} (\text{FeS}_2) - \text{NiS} - \text{KCl} - \text{NaCl} - \text{SiC} - \text{Fe}_3\text{C} - \text{CO}_2 (\text{CO}, \text{CH}_4) - \text{H}_2\text{O} - \text{C}$. Основная минералогенетическая нагрузка в генезисе алмаза лежит на растворах углерода в полностью смесимых расплавах *главных* карбонатных и силикатных компонентов (силикатные относятся к перидотит-пироксенитовому и эклогит-гроспидитовому парагенезисам). Они содержат *примесные растворимые* компоненты и фазы (оксиды, фосфаты, хлориды, соединения С-О-Н-Н флюидной системы, др.), и сосуществующие *нерастворимые и несмесимые* твердые и расплавные фазы (сульфиды, металлы).

На основе карбонатитовой концепции разработана генетическая классификация ростовых включений минералов, расплавов и флюидов в мантийных алмазах (Литвин, 2009). Она раскрывает происхождение включений, выявляя их физико-химические связи как с главными компонентами карбонат-силикатных ростовых расплавов, так и содержащимися в них растворимыми и нерастворимыми компонентами и фазами:

1. Главные силикатные, алюмосиликатные и карбонатные компоненты ответственны за включения силикатных и алюмосиликатных минералов перидотит-пироксенитовых и эклогитовых парагенезисов, карбонатных минералов и карбонатитовых расплавов; включения образованы в ростовых расплавах и захвачены *in situ*.

2. Примесные растворимые оксидные, некоторые силикатные и алюмосиликатные, фосфатные, частично хлоридные компоненты ответственны за включения оксидных, редко встречающихся силикатных и алюмосиликатных минералов, апатита, хлоридов; включения образованы в ростовых расплавах и захвачены *in situ*.

3. Примесные растворимые компоненты С-О-Н флюида ответственны за включения флюидных фаз - воды, уголекислоты, метана; захвачены *in situ* в составе карбонатно-силикатных расплавов в растворенном состоянии, выделились в самостоятельные фазы при затвердевании ростовых расплавов и образовании «закалочной» ассоциации карбонатов, силикатов, фосфатов, оксидов, сульфидов, хлоридов, воды, уголекислоты, иногда метана при РТ параметрах, более низких, чем параметры алмазообразования.

4. Нерастворимые в карбонатитовых расплавах и полностью несмесимые с ними сульфидные и металлические минералы и расплавы ответственны за включения сульфидов и металлов; включения не образованы в ростовом расплаве, а являются чужеродными продуктами, присутствующими в нем, но захвачены *in situ*.

5. Растворенный в карбонатитовом ростовом расплаве углерод ответственен за включения термодинамически нестабильного графита; включения захвачены *in situ*.

Литература

Litvin Yu.A. High-pressure mineralogy of diamond genesis. In: Advances in High-Pressure Mineralogy (Ohtani, E., ed.). Geological Society of America Special Paper, 2007, №421, p. 83-103. (2)

Литвин Ю.А. Экспериментальные исследования физико-химических условий образования алмаза в мантийном веществе. Геология и геофизика, 2009, 50, №12, 1526-1542.

ПОСТГЕНЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЫ И МИКРОСТЕКЛА КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА V РАЗНОВИДНОСТИ ИЗ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХОЛОМОЛОХ И ИХ ГЕНЕЗИС

Олейников О.Б., Павлушин А.Д., Попов А.В.

ИГАБМ СО РАН, Якутск, olei-oleg@yandex.ru

Округлые додекаэдрические кристаллы V разновидности по Ю.Л. Орлову из россыпного месторождения Холомолох Эбеляхского алмазоносного района (Якутия) исследованы на электронном микроскопе JSM-6480LV с энергодисперсионной приставкой INCA Energy 350. На поверхности кристаллов установлены редкие дикретные зерна и выделения самородных Fe, Cr, Al, природных соединений систем Fe-Cr и Fe-Cr-Ni, циркона, оливина, рутила, кварца, кальцита, доломита, барита, сульфата Cu, фосфата Fe, калиевых-, калий-натриевых- и натрий-кальциевых полевых шпатов и силикатных микростекел. Размер этих образований в большинстве случаев не превышает 10 мкм и только в единичных случаях достигает 15–50 мкм. Зерна полевых шпатов являются обломками неправильной или таблитчатой формы. Силикатные микростекла имеют тонкопластинчатую или пленочную форму.

В микрополостях, вскрытых при раскалывании кристалла, обнаружены следующие парагенетические ассоциации: ильменит+титаномагнетит+кальцит+флюорит; Zr-рутил+Hf-циркон; кварц+рутил; сульфат Ca+рутил. Агрегаты кальцита, ильменита, флюорита и титаномагнетита находятся в трещинах по плоскостям спайности шириной до 3 мкм.

В полости с растворенной поверхностью алмаза встречены массивно- друзовые образования рутила. Кристаллы рутила размером не более 1 мкм имеют коротко-призматический облик. В минерале присутствует примесь ZrO_2 (до 4 %). Редко в друзах присутствуют зерна (1 мкм) циркона с примесью HfO_2 , Al_2O_3 , FeO и CaO. В агрегатах кварца иногда присутствуют зерна рутила размером до 3 мкм. Из примесей в нем присутствует FeO. Микро друзы сульфата Ca (25×80 мкм) расположены в полостях трещин по плоскостям спайности алмаза.

Изученные микростекла и разнообразные минералы в алмазах V разновидности являются постгенетическими по отношению к кристаллу. При эндогенной транспортировке алмаз подвергался механическому воздействию с нарушением целостности кристалла. На постмагматической стадии в образованных полостях происходила кристаллизация четырех разобщенных парагенетических ассоциаций минералов. Температура кристаллизации агрегата ильменита и титаномагнетита составляет около 500 С. Образование хромферита (Fe-Cr) происходило при температуре около 400°С [1]. Присутствие на поверхности кристаллов микростекел пленочного типа, позволяет предположить, что в данном случае их образование связано с кавитационными явлениями в флюидонасыщенной среде-транспортере [2]. Гладкая поверхность зерен и силикатных пленок на кристалле алмаза свидетельствует о незначительном переносе кристаллов от коренного источника.

Литература

Новгородова М.И., Горшков А.И., Трубкин Н.В. и др. Новые природные соединения железа и хрома – хромферид и ферхромит // ЗВМО. 1986. Ч. СХV. Вып. 3. С. 355–360.
Олейников О.Б., Барашков Ю.П. Особенности химического состава силикатных пленок на кристаллах алмаза из россыпного месторождения Эбелях и их генезис // Отечественная геология. 2005. № 5. С. 42–47

КСЕНОЛИТЫ МАНТИЙНЫХ ПОРОД: СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КИМБЕРЛИТОВ

Похиленко Н.П.

*Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН, проспект ак. Коптюга,
3, Новосибирск, 630090, Россия, director@igm.nsc.ru*

Комплексное исследование ксеногенного материала верхнемантийного происхождения в кимберлитах среднепалеозойских и мезозойских циклов внедрения показало значительные изменения в мощности, структуре и составе литосферной мантии Сибирской платформы.

Известно три основных цикла активности кимберлитового магматизма в пределах Сибирской платформы: верхнедевонский–нижнекарбонный (370-345 млн. лет), триасовый (245-215 млн. лет) и верхнеюрский (160-149), и последний значительно преобладает по количеству магматических тел [Brakhfogel, 1995; Kinny et al., 1997]. Ксеногенный материал верхнемантийного происхождения из кимберлитов мезозойского возраста даёт веские доказательства меньшей мощности литосферы и вторичного обогащения литосферной мантии Сибирской платформы на время внедрения этих кимберлитов в сравнении с ее характеристиками на среднепалеозойское время [Похиленко, Соболев, 1998].

Сравнительный анализ полученных данных показал, что мощность литосферы С-В части Сибирской платформы составляла около 230 км в среднем палеозое и уменьшилась до 140-150 км в поздней юре, что, по-видимому, явилось основной причиной резкого общего снижения алмазности кимберлитов мезозойского возраста.

Значительное уменьшение мощности литосферы к мезозойскому времени было совмещено с резким увеличением количества гранатовых пироксенитов в литосферной мантии. Эти изменения могли быть связаны с воздействием Сибирского перм-триасового суперплюма на глубинные уровни литосферной мантии Сибирской платформы.

Грандиозный по масштабу трапповый магматизм на границе перми и триаса, максимальная интенсивность которого проявилась 245-250 млн. лет назад [Renne, Basu, 1991], явился самым значительным геологическим событием за весь период эволюции Сибирской платформы в фанерозое. Территория около 1,5 миллионов км² была вовлечена в относительно короткий, но очень мощный цикл тектоно-магматической активности. Как показывают результаты глубинного бурения, более 17 миллионов км³ магматического вещества было извергнуто на поверхность Сибирской платформы и внедрено в её палеозойский осадочный чехол. Это событие было связано с суперплюмом, достигшим подошвы литосферы Сибирской платформы к концу пермского периода [Basu et al., 1991].

Сравнительный анализ особенностей состава гранатов, относящихся к парагенезисам верхней мантии, из кимберлитовых тел среднепалеозойского возраста, проявленных в северной части Якутской провинции (территория Средне- и Нижне-Оленёкского кимберлитовых районов) указывает на наличие существенных вариаций мощности и состава литосферной мантии под этой областью и на среднепалеозойское время [Pokhilenko et al., 1999].

В настоящем докладе для понимания характера и масштабов воздействия перм-триасового суперплюма на литосферную мантию Сибирской платформы проводится

сравнение степени алмазности, распределения различных типов мантийных ксенолитов и гранатов мантийного происхождения в кимберлитах, образовавшихся до воздействия суперплюма на литосферу (среднепалеозойский цикл внедрения), с таковыми для кимберлитов, внедрившимися после этого события.

СИБИРСКИЙ СУПЕРПЛУМ ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ: УТОЧНЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕРСПЕКТИВ ПОИСКОВ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ

¹Розен О.М., ²Манаков А.В., ²Горев Н.И., ³Зинчук Н.Н.

¹ГИН РАН; ²НИГП АК АЛРОСА; ³Западно-Якутский НЦ АН Саха (Якутия)

Позднедокембрийская – фанерозойская плюмовая активность на Сибирском кратоне включает ряд эпизодов, случившихся 1278, 360-344, 250, 245-135 млн. лет назад. Среди них преобладают кимберлиты, но также присутствуют лампроиты (Ингаши, 1278 млн. лет), и платобазальты (Тунгусские), сопровождаемые щелочными ультрамафитами и карбонатитами (Маймеча) – 250 млн. лет. Эти проявления распределены по всей длине кратона с юго-запада к северо-востоку ~2000 км и демонстрируют последовательное омоложение в этом направлении.

С. Маруяма и другие исследователи показали [Maruyama et al., 2007], что каждый такой единичный ЭПИЗОД СОСТОИТ ИЗ ИМПУЛЬСОВ: 1 - субдукция и эклогитизация океанической литосферы с образованием мегалита в мантии; 2 - погружение мегалита до границы ядро-мантия (СМВ), его плавление вместе с горячим веществом горизонта D", приобретение положительной плавучести с последующим подъемом в качестве плюма; 3- подъем плюма до литосферы или другого тугоплавкого слоя в течение 1-5 млн. лет, формирование вторичного плюма, извергающегося на земную поверхность в форме расплава [Dobretsov, 2008]. Суперплюм предположительно появляется, когда несколько мегалитов обогащают некоторый домен на СМВ эклогитовыми реститами, откуда поднимаются несколько индивидуальных плюмов.

Распределение во времени плюмовых эпизодов на Сибирском кратоне может быть объяснено несколькими СУБДУКЦИОННЫМИ СОБЫТИЯМИ. Океаническая литосфера субдуцировалась с юга под Сибирский кратон в течение мезопротерозоя - раннего палеозоя (вплоть до закрытия Палеоазайтского океана) и позднее в мезозое и доньяне (закрытие океана Тетис и Монголо-Охотского океана). Эта субдуцируемая литосфера достигала СМВ предположительно в течение 66 млн. лет (скорость 6 см/год, угол погружения 45°, расстояние 3960 км) и генерировала плюмовое событие, начиная с лампроитов Ингаши (1278 млн. лет) и заканчивая кимберлитом Куойки (135 млн. лет). Каждое такое последующее событие на поверхности СМВ продвигало мегалит вперед, от юго-запада кратона к северо-западу, вызывая последовательный подъем плюмов. Поднимаясь от СМВ, каждый плюм останавливался на разделе 670 км, где он захватывал мейджорит. Далее вверх протискивалась только легкая фракция с мейджоритом, образуя «вторичный плюм», который достигал подошвы литосферы (тугоплавкого литосферного килья) и внедрялся в киль уже как быстродвигающийся расплав. Последний, при падении давления во время подъема, высвобождал газовую фазу и внедрялся в кору уже как кимберлит. **НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫ** на прямые поиски алмазоносных кимберлитов те регионы Сибирского кратона, которые расположены непосредственно в пределах главного тренда миграции проявлений суперплюма, с юго-запада на северо-восток.

Литература

Dobretsov N.L. Geological implications of the thermochemical plume model. Russian Geology and Geophysics, 2008, v. 49, no. 7, p. 441-454.

Maruyama S., Santosh M., Zhao D. Superplume, supercontinent, and post-perovskite: Mantle dynamics and anti-plate tectonics on the core-mantle boundary. Gondwana Research, 2007, v. 11, p. 7-37

КИМБЕРЛИТОВАЯ ФОРМАЦИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Ротман А.Я.

НИГП АК «АЛРОСА», Мирный, Россия, rotman@cnigri.alrosa-mir.ru

Кимберлиты – главный коренной источник ювелирного алмазного сырья - являются характерным составным компонентом в магматическом спектре северо-восточной части Сибирской платформы, в пределах которой по особенностям алмазов выделяются Лено-Анабарская и Центрально-Сибирская субпровинции (Зинчук, Коптиль, 2003). В пределах субпровинций встречаются многочисленные проявления кимберлитовой формации, отличающиеся составом пород, качественно-количественным спектром алмазов и их парагенетических спутников. Показателен поясовый характер распределения сообществ кимберлитовых тел вдоль Вилюйско-Мархинской, Далдыно-Оленекской и Куонамской зон разломов. Проявления двух первых зон представлены, как правило, диатремами многофазного строения и обнаруживают существенно кимберлитовый состав (аналог кимберлитов группы I Южной Африки). Поля Куонамской зоны (Прианабарская группа), наряду с трубками и дайками классических кимберлитов, включают тела конвергентных кимберлитам образований, а в северной части этой полосы - трубчатые тела карбонатитов. В Лучаканском и Куранахском полях трубки имеют как простое, так и сложное строение, а в Дюкенском, Старореченском и Ары-Мастахском полях трубки часто выполнены какой-либо одной разновидностью пород. Специфика химизма пород выражается в увеличении степени титанистости, щелочности и железистости с юга на север, а минерального состава - в заметном возрастании количества титаномагнетита и монтичеллита, постепенном исчезновении пикроильменита, наряду со снижением доли пироповой составляющей. Фиксируются вариации ассоциаций вторичных минералов.

Результаты многолетнего изучения алмазного сырья из отдельных кимберлитовых тел или их сообществ в лабораториях нашего предприятия позволили сгруппировать кимберлиты по типоморфным особенностям алмазов (Зинчук, Коптиль, 2003 и др.): I-ый тип - богатые кимберлитовые тела среднепалеозойского возраста, которые характеризуются преобладанием алмазов, представленных ламинарными кристаллами октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов; II-ый тип - кимберлитовые тела с низкой алмазоносностью и превалированием додекаэдров с шагренью и полосами пластической деформации жильного типа, типичных округлых алмазов уральского/бразильского типов. Отмечаются большое кристалломорфологическое разнообразие минерала, вариации физико-механических свойств и качества. Определяющую роль в этом, как правило, играет содержание азота, концентрация которого существенно превышает все другие примеси и может достигать 0,2 ат. %, в форме А-, В-, Р-дефектов, что во многом вызывает их сохранность при обогащении руд и служит основой идентификации оптических центров, обусловленных примесями и дефектами на их основе, методами оптической спектроскопии в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях (Богущ и др., 2005 и др.).

Вариации состава кимберлитовых проявлений северо-востока Сибирской платформы отражают элементы латеральной неоднородности ее литосферной мантии. Состав индикаторных минералов кимберлитов, кристалломорфология и физические свойства алмазов дифференцированы на уровне провинции, поля и каждой трубки.

Литература

Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. 603 с.

Богуш И.Н., Ротман А.Я., Ковальчук О.Е. и др. Физические свойства и примесный состав алмазов: новые возможности углубленного изучения. В сб.: Геология алмазов – настоящее и будущее (геологи к 50-летию г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). - Воронеж: изд-во ВГУ, 2005. С. 1499-1520.

КАРБОНАТИТЫ КАК ИСТОЧНИКИ СУПЕРКРУПНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПРОЦЕССАХ ЛАТЕРИТИЗАЦИИ И ПЕРЕОТЛОЖЕНИЯ (ЧАДОБЕЦКОЕ ПОДНЯТИЕ, СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)

Слукин А.Д.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия, novikov@igem.ru

Чадобецкое поднятие находится в междуречье Ангары и Подкаменной Тунгуски. Оно представляет собой брахиантиклиналь (46 км x 35 км) с двумя выступами верхнепротерозойских отложений: Териновским и Чуктуконским, вмещающих комплекс щелочных ультраосновных пород, кимберлиты и карбонатиты доюрского возраста. Интенсивная трещиноватость пород сводовых частей выступов обусловила формирование в позднем мелу рекордно мощной (>600 м) латеритной коры выветривания с зонами: 1- дезинтеграции, 2- гидрослюд, 3- смектитов и каолинита (+ гётита) и 4- гиббсита (+ гематита). На преобладающих кварц-мусковит-полевошпатовых сланцах сохранившаяся верхняя зона мощностью 8,5 м сложена псевдоморфными гиббситовыми бокситами (Al₂O₃ до 62 %). На силлах и дайках щелочных ультрабазитов (оливин-флогопитовых и пикритовых порфиритах и др.) и кимберлитовых трубках сохранились псевдоморфные анатаз-гематит-гиббситовые латериты (TiO₂ до 32 %, среднее 20 %) (Слукин, 1973)..

Карбонатиты слагают кальцит, доломит, сидерит, апатит, барит (с TR₂O₃ до 8 %), пироксен, флогопит, пироклор, пирит, пиролюзит и др. и аксессуарные: паризит и ортит; они содержат Nb₂O₅ до 1% и TR₂O₃ – 1,2 %. Мощность коры выветривания достигает 300 м. Внизу дезинтегрированные карбонатиты заполнены гнездами и жилками вторичных кальцита, барита (без REE), кварца, апатита, франколита, гётита и псиломелана; в интервале 100 м количество реликтовых блоков уменьшается, начинают преобладать Fe-Mn-выделения. Верхняя 200- метровая латеритная зона сложена рыхлыми чёрными и бурыми охрами, включающими гётит, гематит, псиломелан, пиролюзит, манганит, рамсделлит, литиофорит, голландит, рентгеноаморфные гидроксиды Fe и Mn, белый порошокатый гипергенный монацит, рабдофан, флоренсит, крандаллит, церианит и др. Первичные октаэдрические кристаллы Na-Ca-пироклоров заместились рыхлыми псевдоморфозами гипергенных Ce-, La-, Y-, Ba-, Sr-пироклоров.

Охры содержат TR₂O₃ до 15% (Центральное месторождение, Териновский выступ) и до 50% TR₂O₃ и более 3% Nb₂O₅ на Чуктуконе (Slukin et al., 1989).

На поверхности кор выветривания в эрозионных депрессиях аккумуляровались их продукты денудации в виде мощных залежей каолинов и бокситов с несколько пониженным содержанием глинозёма, но высокими концентрациями TR₂O₃-до 3%, Nb₂O₅- до 1%, TiO₂-до 20% (ср. 9,5%), а также Fe, Mn, Ba, Sr, Th, U, P (Slukin, 1994, Слукин, 2005). По совокупности приведённых данных Чадобецкое поднятие представляет собой уникальный объект в области гипергенного рудообразования.

Литература

Слукин А.Д. Коры выветривания и бокситы Чадобецкого поднятия. М., Наука, 1973, 126 с.

Slukin A.D., Arapova G.A., Zvezdinskaya L.V., Tsvetkova M.V., Lapin A.V. Mineralogy and geochemistry of laterized carbonatites of the USSR. In: Weathering: its products and deposits-Vol.II. Theophrastus Publ., S.A., Zographou, Athens, Greece, 1989. P. 171- 189.

Slukin A.D. Bauxite deposits with unusually high concentrations of REE, Nb, Ti and Th, Chadobets Uplift, Siberian Platform.//Intern. Geol. Review, 1994, vol.36. P. 179-193.

Слукин А.Д. Латеритизированные карбонатиты и ассоциирующие с ними осадочные каолины и бокситы с высокими содержаниями REE, Nb, Ti и других элементов (Чадобецкое поднятие, Сибирская платформа). В кн.: Прикладная геохимия, вып. 7. Книга 2, М., ИМГРЭ, 2005. С. 206-221

НОВАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ТРУБКА МАНЧАРЫ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)

Смелов А.П.¹, Олейников О.Б.¹, Андреев А.П.², Алтухова З.А.¹, Бабушкина С.А.¹,
Бекренев К.А.², Зайцев А.И.¹, Мишнин В.М.², Сурнин А.А.¹, Полуфунтикова Л.И.¹

¹ ИГАБМ СО РАН, Г. Якутск, a.p.smelov@diamond.ysn.ru, ² ГУГПП РС(Я)
«Якутскгеология», geopoisk@sakha.ru

В Центральной Якутии поиски кимберлитов и алмазов были активизированы начиная с 2000 г., когда в районе геофизических аномалий «трубчатого типа» [2] в современном аллювии рек Кенкеме и Чахкыя (бассейн р. Лена) установлены хромистые пиропы [1]. В результате проведенных геологами ГУГПП РС (Я) «Якутскгеология» заверочных буровых работ на геофизических аномалиях в 2007–2008 гг. открыта первая кимберлитовая трубка Манчары, расположенная в 100 км южнее г. Якутска.

Трубка прорывает карбонатные отложения верхнего кембрия и перекрыта юрскими терригенными толщами мощностью около 100 м. Она сложена зеленовато-серой кимберлитовой брекчией с массивной текстурой цемента серпентин-слюдистого состава. В верхних частях трубки породы в различной степени глинизированы. В кимберлитовой брекчии присутствуют включения серпентинитов, слюдитов, слюдистых и гранатовых серпентинитов размером до 2–5 см. Порфировая структура кимберлита обусловлена присутствием вкрапленников оливина, флогопита. Макрокристаллы представлены пиропом, хромшпинелидами и пикроильменитом. По содержанию SiO_2 и Al_2O_3 , породы являются типичными неконтаминированными кимберлитами. Макрокристаллы флогопита в большинстве случаев хлоритизированы. По химическому составу флогопит высокомагнезиальный с относительно высоким содержанием Al_2O_3 и никим - TiO_2 .

Для основной массы кимберлитовой брекчии характерно значительное содержание рудных минералов: ферро- и хромшпинелей, перовскита, магнетита и, реже, магнезиального хромового магнетита. В слюдах основной массы отмечаются повышенные содержания ВаО до 8,0 мас. %.

По химическому составу пиропы относятся к лерцолитовому, верлитовому и неалмазоносному дунит-гарцбургитовому парагенезисам. Количество гранатов, соответствующих лерцолитам аномального состава [3], составляет около 8 % и близко к значениям для среднепалеозойских кимберлитов Якутской кимберлитовой провинции. В тоже время в трубке Манчары не установлены гранаты эклогитового парагенезиса, что в целом не характерно для кимберлитовых брекчий. Среди макрокристаллов шпинелидов из кимберлитовой брекчии трубки Манчары присутствуют как высокотитанистые разности ($\text{TiO}_2 > 1,0$ мас. %), так и низкотитанистые ($\text{TiO}_2 < 1,0$ мас. %). Макрокристаллы пикроильменита имеют высокое содержание MgO, которое изменяется от 8,2 до 11,5 мас. %.

Литература

Подьячев Б.П., Избеков Э.Д., Бикбаева Т.В. Признаки алмазоносности в районе г. Якутска // Наука и техника в Якутии, 2003, № 2 (5), с. 61–65.

Протопопов Ю.Х. Тектонические комплексы платформенного чехла Вилюйской синеклизы. Якутск, изд-во ЯНЦ СО РАН, 1993, 48 с.

Тычков Н.С., Похиленко Н.П., Кулигин С.С., Малыгина Е.В. Особенности составов и происхождение пиропов аномального состава из лерцолитов. // Геология и геофизика, 2008, т. 49, № 4, с. 302–318.

АЛМАЗЫ В КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ – ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЭВОЛЮЦИИ

Спецкурс З.В.

НИГПАК «АЛРОСА», Мирный, Россия, spetsius@cnigri.alrosa-mir.ru

В настоящее время гипотеза ксеногенной природы алмазов не вызывает принципиальных возражений и поддерживается подавляющим большинством ученых. Однако существует ряд дискуссионных моментов в интерпретации изотопных и других геохимических исследований в приложении к расшифровке генезиса алмазов.

1. Многочисленные определения возраста алмазов и параллельные датировки возраста содержащих их кимберлитов показали, что алмазы как в кимберлитах, так и лампроитах являются ксенокристаллами и образовались до попадания их в кимберлитовый субстрат. В то же время эклогитовые алмазы Джваненга фиксируют возраст образования от Архея до Протерозоя (т.е. 2900 – 1500 млн. лет). Два возраста по данным Re-Os изотопии сульфидов зафиксированы и в эклогитовых алмазах из трубок Орапа и Коффифонтейн (Shirey et al., 2003). В результате исследования возраста цирконов из трубки Мир и параллельного определения возраста содержащихся в них сульфидов установлено, что в цирконах с возрастом 350 млн. лет, присутствуют сульфиды с возрастом 2.2-2.4 млрд. лет (Spetsius et al., 2002).

2. Несмотря на продолжительный период исследования включений в алмазах, пока не уточнен вопрос соотношения в различных трубках алмазов эклогитового и перидотитового парагенезиса. Для его решения и конкретизации исследований применительно к отдельным месторождениям, по нашему мнению, целесообразно применить комплекс физических методов для выработки критерия последующего разделения представительных популяций из различных трубок. Не выяснен вопрос образования и роста алмазов в процессе кристаллизации их из магматического расплава или роста в процессе метасоматоза из флюидной фазы или флюидизированного расплава. Геохимические свидетельства распределения примесных элементов во включениях из алмазов и прямые наблюдения в ксенолитах свидетельствуют о том, что метасоматический рост алмазов вполне вероятен. В любом случае, участие флюидных компонентов в процессе алмазообразования неоспоримо (Spetsius et al., 2003).

3. Проблемным и пока необъяснимым остается вопрос широкой распространенности сульфидов в кристаллах всех известных месторождений. Это никак не соответствует распространенности сульфидов в мантийных породах эклогитового и тем более перидотитового состава, где они, как правило, присутствуют в виде акцессорных минералов и в количестве не более 1% от объема ксенолитов.

4. Наконец дискуссионной остается проблема вовлечения корового углерода в процесс роста алмазов, как этого требует модель интерпретации облегченного изотопного состава углерода в алмазах из различных кимберлитовых провинций. Участие субдуцированной океанической коры или образований типа расслоенных офиолитовых комплексов в качестве материнских для алмазоносных пород мантии подтверждается многочисленными изотопными определениями кислорода в минералах из ксенолитов (Spetsius et al., 2008), но этот вопрос пока дебатруется.

Литература

Shirey S.B., Harris J. W., Richardson S. H., Fouch M., James D.E., Cartigny P., Deines P., Viljoen F. Regional patterns in the paragenesis and age of inclusions in diamond, diamond composition, and the lithospheric seismic structure of Southern Africa //Lithos. 2003. 71, P. 243–258.

Spetsius Z.V., Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y., Pearson N.J. Archean sulfide inclusions in Paleozoic zircon megacrysts from the Mir kimberlite, Yakutia: implications for the dating of diamonds // Earth Planet. Sci. Lett. 2002. 199. P. 111-126.

Spetsius Z.V. and Taylor L.A. Metasomatic diamonds in eclogite xenoliths: petrologic and photographic evidence. Ext. Abstracts of 8th Intern. Kimberlite Conf., Victoria, Canada. 2003.

КИМБЕРЛИТ-ДОЛЕРИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ СРЕДНЕМАРХИНСКОГО АЛМАЗОНОСНОГО РАЙОНА ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

Стегницкий Ю.Б.¹, Саблуков С.М.², Карпенко М.А.³

¹НИГП АК «АЛРОСА», ²ИНПК «РУСГЕО», ³НГОК АК «АЛРОСА», Россия
stegnitsky@cngri.alrosa-mir.ru

Кимберлиты Средне-Мархинского алмазоносного района, открытого в 1994 году геологами Ботуобинской ГРЭ, обособлены от таковых других районов Якутской алмазоносной провинции не только территориально, но и по большинству характеристик вещественно-индикационных признаков, прежде всего, по высокой продуктивности слагающих пород, преобладанию среди глубинных минералов хромшпинелида и пироба, при практически полном отсутствии пикроильменита, по существенно флогопитовому составу основной массы кимберлитов, более древнему возрасту внедрения (D_{1em}), а также по необычно низкому содержанию всех некогерентных элементов за исключением калия, рубидия и фосфора.

В настоящий момент в данном районе разрабатывается Нюрбинским ГОКом пока только одна трубка - Нюрбинская, которая представляет интерес, как с практической, так и с научной точки зрения, поскольку в одном месторождении прослеживается магматизм основного и ультраосновного составов.

Вскрытые карьером и эксплуатационными скважинами породы представляют диатремовую часть кимберлитовой трубки Нюрбинская. На уровне эрозионного среза диатрема имеет ассиметричную линзовидную форму, с небольшим раздувом на северо-восточном фланге и незначительным сужением в центре ее западной части. С глубиной морфология трубки несколько усложняется, особенно в южной ее части. Поверхность рудного тела неровная, вариации абсолютных отметок составляют 8-10 м, с максимальным значением в северо-восточной части месторождения. Проведенные комплексные исследование вещественного состава пород и минералов свидетельствуют, что трубка Нюрбинская представляет собой сложнопостроенный вулканический комплекс, образованный в результате многоэтапного проявления локальной вулканической активности. Кроме нескольких магматических тел, образованных разными фазами внедрения собственно кимберлитов, в этот вулканический комплекс входит более древняя интрузия дотрубочных долеритов (ксенолиты которой встречаются в кимберлитах) и прорывающая кимберлиты посттрубчатая интрузия долеритов. Причём петрографически однотипные, но явно разновременные вулканические тела базитов (разделённые этапом внедрения кимберлитов), характеризуются отчётливо разными геохимическими особенностями. Наиболее яркими петрохимическими отличиями докимберлитовых базитов трубки является резко пониженное содержание титана (в 6 раз) и железа (в 2 раза), а также фосфора (в 6 раз), и повышенное содержание алюминия (в полтора раза) по сравнению с посткимберлитовыми базитами трубки. Анализ изменения минералогических характеристик алмазов из различных типов кимберлитовых пород показал, что наиболее близкими друг к другу по типоморфным особенностям алмазов являются крупнопорфировые кимберлиты и автолитовые кимберлитовые брекчии более поздних фаз внедрения. Различия между ними находятся в пределах 10%, причем к наиболее значительным отличиям относится повышенное содержание среди алмазов из крупнопорфировых кимберлитов камней с сине-голубым свечением и кристаллов с признаками природного травления. Более значимо по типоморфным особенностям отличаются алмазы из ксенотуфобрекчии кимберлитов и зоны метасоматоза вокруг долеритовой интрузии. Ксенотуфобрекчия кимберлитов представляет собой фрагменты тела, сформированного второй, взрывчатой фазой внедрения кимберлитового

материала. Останцы и её реликты, насыщенные материалом прорванных пород сохранились только в южной части месторождения и приконтактной зоне. Эта эксплозия «прочистила» от осадочных пород трубообразный канал, что предопределило более спокойного внедрения материала последующих фаз вулканической активности.

МЕТАМОРФОГЕННЫЕ АЛМАЗЫ - ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Шацкий В.С.

Институт геологии и минералогии СО РАН

Несмотря на то, что в настоящее время находки алмазов в метаморфических породах сверхвысоких давлений известны в различных регионах мира, промышленное значение имеют только алмазоносные породы Кокчетаского массива. Проявления алмазов установлены на площади около 100 км². Только разведанные запасы месторождения Кумды-Коль превышают 2,5 млрд. карат. Проявления алмазов в районе озера Барчи, имеющее сравнимый экономический потенциал, расположено в 15 километрах западнее месторождения Кумды-Коль.

Несмотря на длительную историю изучения и разведки месторождения Кумды-Коль и рудопроявления Барчинское, относительно генезиса метаморфогенных алмазов нет единой точки зрения. Полученные нами данные в ходе изучения всех известных проявлений алмазоносных метаморфических пород в Кокчетавском массиве позволили обосновать, что алмаз кристаллизовался в поле его термодинамической устойчивости и определить критерии потенциальной алмазоносности метаморфических пород.

Используя оптический метод определения алмазоносности в плоскопараллельных пластинах и шлифах, было установлено, что алмаз во всех типах алмазоносных пород встречается в минералах отвечающих пику высокобарического метаморфизма, либо продуктах их замещения, к которым относятся слюды, хлорит, кварц, калиевый полевой шпат.

Несмотря на то, что в различной степени измененные гранат-биотитовые гнейсы составляют более 80% пород алмазоносной зоны месторождения Кумды-Коль важное значение для генетических построений имеют алмазоносные известково-силикатные и гранат-проксеновые породы. В ряде случаев они характеризуется ураганным содержанием алмазов (более 3000 карат на тонну). Пироксены из этих пород содержат примесь калия, а также ламели калиевого полевого шпата, фенгита и кварца. Гранаты характеризуются высоким содержанием пиропового и гроссулярового компонентов. Изучение распределения алмазов в пределах полосчатых известково-силикатных пород показывает, что алмазы приурочены к гранат-пироксеновым прослоям и не встречаются в слоях сложенных карбонатами. В то же время алмазы крайне неравномерно распределены в пределах отдельных шлифов. При этом не наблюдается различий в составе зерен гранатов и пироксенов содержащих и не содержащих включения алмазов.

Изотопно-геохимические исследования показывают, что алмазоносные породы имеют геохимические характеристики отличные от пород верхней коры. Они характеризуются низким отношением $(La/Yb)_N$, высоким Sm/Nd (0,22-0,51), а также и деплитуированы в отношении таких элементов как Sr, Ba, U, Th.

Алмазы из пород разных петрографических типов характеризуются узким изотопным составом углерода ($\delta^{13}C$ от -7 до -12,6). Близкие значения изотопного состава имеет графит ($\delta^{13}C$ от -8,3 до -12,). Исследование алмазов методом ИК-Фурье спектроскопии свидетельствует о кристаллизации алмазов из флюида/расплава промежуточного состава между водно-карбонатным и водно-силикатным конечными членами. Установлены широкие вариации содержания примеси азота в алмазах (от 500 до 3000ppm) и степени его агрегации (от 14 до 75%), при этом отсутствует корреляция степени агрегации азота и содержания.

Имеющиеся в настоящее время данные свидетельствуют в пользу субдукционного происхождения метаморфогенных алмазов. Степень алмазоносности метаморфических пород определяется распределением углерода в их протолитах.

ПРИРОДА ОБРАЗОВАНИЯ АЛМАЗОВ ИЗ РОССЫПЕЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Шацкий В.С.^{1,2}, Зедгенизов Д.А.¹, Рагозин А.Л.¹

¹ Институт геологии и минералогии СО РАН, ² Новосибирский государственный университет

Несмотря на то, что россыпные месторождения алмазов северо-востока Сибирской платформы являются высокопродуктивными, их первичный источник все еще не выявлен. Все известные кимберлитовые трубки в этом районе являются либо неалмазоносными либо убого-алмазоносными. В настоящей работе, происхождение алмазов из россыпей охарактеризовано на основе изучения морфологии, внутреннего строения, дефектно-примесного состава, а также минеральных и флюидных/расплавных включений в них.

Алмазы из россыпей характеризуются разнообразием окраски от бесцветной до желтой, коричневой и розовой. Алмазы представлены додекаэдроидами, кубоидами, и реже плоскогранными октаэдрами и переходными формами. Для изучения внутреннего строения и минеральных включений алмазы были приполированы. Изучение внутреннего строения методами рентгеновской топографии и катодолюминесценции показало, что округлая форма большинства кристаллов является следствием частичного растворения алмазов октаэдрического и кубического габитуса и/или их комбинаций. При этом в большинстве случаев центральная часть кристаллов представлена октаэдром. Многие такие кристаллы в дальнейшем демонстрируют смену механизма и формы роста. Специфические округлые алмазы V минералогической разновидности (Орлов, 1977) имеют радиально-лучистое внутреннее строение.

Содержание азота в алмазах из россыпей варьирует от нулевых значений до 3450 ат ppm. В пределах одного кристалла такие вариации достигают 1600 ат ppm. Степень агрегации азотных центров изменяется от низкой типа Ib/IaA в алмазах кубического габитуса до высокой (85% IaB) в октаэдрах и додекаэдроидах. При этом степень агрегации азота в пределах одного алмаза также может варьировать в очень широких пределах до 80% IaB. По относительному содержанию пластинчатых сегрегаций типа B1 большинство алмазов относятся к «регулярному» тренду.

В алмазах из россыпей нами были определены 84 минеральных включений эклогитового (Grt, Omph-Cpx, K-Fsp, Coe, Rt, Cor) и 57 перидотитового (Ol, Prp-Grt, Cpx, Opx, Chr) парагенезисов. Пироповые гранаты (n=3) по составу соответствуют гарцбургитовым. При этом установлено, что все гранаты имеют примесь майджоритового компонента (Si – 3,028-3,076 ф.е.). Содержание форстеритового компонента в оливинах (n=36) составляет 90,8-93,3 мол %. Состав большинства клинопироксенов эклогитового парагенезиса (n=37) соответствует группам B и C классификации Тэйлора и Нила (1989). Гранаты этой ассоциации (n=29) соответствуют ранее описанным в алмазах из разных месторождений мира (Mg# 37-79,7; X_{Ca} 7-33). Характерной особенностью таких гранатов является повышенное содержание примеси Na₂O (0,16-0,21 мас %). В одном гранате эклогитового парагенезиса нами установлены избыточное содержание Si (3,22 ф.е.) и высокое содержание Na (0,182 ф.е.). По данным энергодисперсионной спектроскопии в необычных алмазах V разновидности нам также удалось определить микровключения минеральных фаз (Grt, Cpx, Coe, K-Fsp, Ap, Rt) и флюидные/расплавные микровключения переходного хлоридно-карбонатного состава, обогащенные Sr и Ba.

По изотопному составу углерода изученные нами алмазы из россыпей (n=22) образуют бимодальное распределение в пределах от -26 до -1,9 ‰ δ¹³C. Алмазы

перидотитового парагенезиса имеют вариации $\delta^{13}\text{C}$ от -9,6 до -1,9 ‰, а эклогитового от -26 до -4,5 ‰.

Полученные в настоящей работе результаты позволяют сделать вывод, что большинство алмазов из россыпей С-В ЯАП образуются в разных по составу мантийных субстратах и их образование связано с источниками глубоко субдуцированных пород земной коры. Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №09-05-00345-а и 09-05-00985-а.).

ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ ХАНКАЙСКОГО МАССИВА СЕВЕРНОГО ПРИМОРЬЯ: ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА, МЕТОДИКИ ПОИСКОВ И ОЦЕНКА АЛМАЗОНОСТИ

Шелков П.Н.

ООО Геопроиск, Москва, Россия, pshelkov@mail.ru

Северное Приморье – территория Приморского края расположенная к северу от оз. Ханка и ограниченная на востоке Центральным Сихотэ-Алиньским разломом отличается достаточно сложным геолого-тектоническим строением. Ханкайский кристаллический массив является частью крупного Буреин-Цзямуси-Ханкайского композитного массива. По данным геологов КНР наиболее древние породы комплекса в Китайской части Ханкайского массива (сопоставляемые с Иманской свитой в РФ) имеют датировку 3600 млн. лет, что сопоставимо с толщами гранитоидов нижнего алдания Алдано-Станового щита. В пределах массива распространены щелочные оливиновые базальты, пикриты и пикробазальты, а также тела эруптивных брекчий, сложенные карбонатитами.

Проведённые автором поисковые работы включали в себя шлиховую съёмку водотоков 40 л пробами, с интервалом пробоотбора 500-1000 м с детализацией выявленных шлиховых ореолов хромитов по сети 200x200 и 100x100 м и выявлении локализации коренных источников при заверке выявленных ореолов наземными геофизическими работами, проходкой шурфов и канав, бурением скважин.

В пределах Незаметнинской площади при заверке шлиховых ореолов хромитов канавами и скважинами было вскрыто 6 тел размером от 20x400 м, до 400x400 м, сложенных сильно измененными брекчиями ультраосновного состава голубоватого цвета, содержащими хромшпинелиды. В результате изучения одной из проб выявлены более 5000 знаков хромитов, мелкое зерно пиропы и обнаружен бесцветный алмаз октаэдрической формы (размером 0,25 мм), представленный сростком двух октаэдров. При растворении одной из проб брекчий весом 4 кг, отобранной их склонового элювия на участке Китайская падь, извлечено более 100 зёрен хромистых пиропов (2-11% Cr₂O₃), причём пиропы составляли 45% от объёма концентрата термохимического разложения. Из пробы керна весом 40 кг, отобранной из скв. 32 с глубины 36 м, при термохимическом разложении извлечено 3 кристалла алмаза размером 0,05-0,15 мм, один из которых искажённый октаэдр и два обладают округлыми формами. Изученные породы сильно изменены, окварцованы, карбонатизированны, содержат от 14 до 18% MgO. Основная масса породы сложена карбонатом, магниезиальным хлоритом, тальком. От кимберлитов данная порода отличается более низкой магниезиальностью, повышенным содержанием Al₂O₃ (до 11%) и Fe₂O₃ (12-14%), но вероятно источник её формирования был вблизи зоны термодинамической устойчивости алмаза.

В результате проведенных поисков и исследований можно сделать следующие выводы. В пределах Ханкайского массива и зоны его обрамления встречена ассоциация магматических пород основного-ультраосновного состава в т.ч. породы, сформировавшиеся в зоне стабильного существования алмаза. В данных породах впервые установлены не только хромиты, наиболее широко распространённые в пробах аллювия и элювия, но и средне и высокохромистые пиропы, а также редкие знаки алмазов. Разработана эффективная методика поисков коренных источников алмазов – потенциально алмазоносных пород, и способ их локализации с применением наименее затратной шлиховой съёмки с использованием хромита в качестве основного поискового минерала-индикатора. Доказана потенциальная алмазоносность Ханкайского массива и его перспективность на обнаружение коренных месторождений

алмазов, связанных с щёлочно-ультраосновными породами, возможно отличающимися от классических кимберлитов и лампроитов по своему составу.

НОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ ШЕЛЬФА НАМИБИИ (ЮГО-ЗАПАДНАЯ АФРИКА)

Шмаков И.И.¹, Гаранин К.В.², Божко Е.Н.¹, Гаранин В.К.²

¹*JSC SBME, shmakov007@gmail.com, ²МГУ им. М.В. Ломоносова, vgaranin@mail.ru*

Алмазы из прибрежно-морских россыпей Намибии (юго-запад Африки) являются одними из наиболее высококачественных разновидностей этого минерала в мире. В результате специфических условий формирования россыпей, в их составе сохранились только наиболее устойчивые к разрушению кристаллы алмаза с отсутствием или низкой степенью развития дефектов. Экзогенные процессы вовлекают алмазы в транспортировку посредством различных способов переноса (качение, волочение, взвешенное состояние и др.). Несмотря на то, что экзогенные процессы циклично сменяют друг друга на разных этапах геологического развития побережья, перемешивая различные популяции алмазов между собой, тем не менее, можно условно выделить три наиболее характерных совокупности алмазов, а именно: морскую, эоловую и аллювиальную популяции.

По результатам изучения геологического строения, минерального состава и алмазов подводных морских россыпей шельфовой зоны Намибии были обнаружены, разведаны и частично отработаны участки с промышленной алмазоносностью, локализованные в пределах концессий Лонг Айленд, Людериц Бей Грант, Хоттентот Бей Грант и Бейкерс Бей, находящихся на разном удалении (от 170 до 320 км) от дельты реки Оранжевая, которая является в соответствии с многочисленными гипотезами одной из наиболее вероятных транспортных артерий для переноса алмазов от эродированных тел Южноафриканских кимберлитов к побережью Атлантического океана. Отметим, что совокупности алмазов из россыпей приуроченных к указанным концессиям имеют особенные характеристики.

Группа подводных россыпей центральной Намибии (Лонг Айленд, Людериц Бей Грант и Хоттентот Бей Грант) характеризуется сходными популяциями алмазов со средним весом 0,29-0,35 карат. На основе находок фосфоритовых галек и сине-черных агатов эти месторождения могут быть датированы плио-плейстоценом, и вероятно, сформировались в период регрессии океана до отметок -80-95 м ниже современного уровня. Для них в целом характерна предельно высокая степень сортировки алмазов, сходные цветовые и морфологические характеристики, близкий средний вес алмазов, похожие ассоциации «экзотических» галек. Эти россыпи сформированы циклически сменяющимися друг друга эоловыми и морскими процессами во время регрессивного отступления океана и связанного с этим мощного эрозионного цикла.

Резкие отличия наблюдаются для древней алмазной совокупности подводной россыпи Бейкерс Бей. Верхние морские галечные отложения, предположительно раннечетвертичные, содержали алмазы со средним весом около 0,45 карат. Эти галечники подстилались светло-серыми песчаниками, игравшими роль подвешенного плотика и датируемые поздним миоценом. Под песчаниками были вскрыты нижние галечные отложения, залегающие в неоднородностях коренных пород плотика, содержащие алмазы с аномальным для этого района средним весом (около одного карата). Эти алмазы так же отличались резким преобладанием додекаэдров, бесцветных кристаллов, высоким процентом изометричных камней. По-видимому, данная популяция алмазов сформировалась в результате развития аллювиальных и морских процессов, при отсутствии видимых признаков эолового воздействия. Мелкие и средние алмазы были вынесены вдольбереговыми течениями на север, крупная популяция алмазов осталась на месте, с ней была смешана более древняя транзитная морская популяция алмазов средней размерности с высокой степенью износа.

Таким образом, изученные алмазные популяции подводных россыпных месторождений сформировались в ходе как минимум двух регрессивных этапов – предположительно в среднем миоцене и плио-плейстоцене. Эти периоды формирования подводных россыпей хорошо коррелируют со временем формирования террасовых отложений палеорула реки Оранжевая.

Секция 3. Региональная металлогения, методы поисков, разведки и прогноза месторождений

ГЛОБАЛЬНЫЕ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ СТРАТОУРОВНИ И ИХ РУДОГЕНЕРИРУЮЩИЕ ИСТОЧНИКИ

Абдархманов К. А.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Казахстан

Металлогенический анализ приводит к выводу о существовании специфических возрастных уровней, обогащённых разнотипными по генезису и составу рудными формациями и месторождениями, нередко крупными. Одним из подобных уровней планетарного характера является верхнедевонско-нижнекаменноугольный продолжительностью 25-30 млн. лет.

В Казахстане на этом уровне формировались железо-марганец-цинк-свинец-барий-серебряные гидротермально-осадочные месторождения атасуйского типа, цинк-свинец-барий-серебряные стратиформные руды каратауского, дунит-троктолит-герабуруитовая формация с хромитами компирсайского, скарно-магнетитовые с серебром гиганты сарбай-соколовского, золотое оруденение бақырчикского черносланцевого, лейцит-базальт-тефрит-шонкивит-сиенитовая формация редкометально-алюминиевая. Вне Казахстана верхнедевонско-нижнекаменноугольный уровень вмещает стратиформные полиметаллические руды типа миссури-миссисипи, колчеданно-полиметаллические руды порфиоровые (США), алмазонасные кимберлиты и лимпроиты (Якутия, Архангельский регион, Россия), щелочные агпаитовые сиенит с тантал-ниобий-редкометальным оруденением (Ловозеро, Хибинь, Россия), нижнетагильская дунит-пироксенит-габбровая платиноидная формация (Урал, Россия), медно-свинцово-цинковые с кобальтом, никелем и платиноидами мегген-раммельсбергского типа (Германия), колчеданно-медно-свинцово-цинковые (Испания, Португалия), колчеданно-полиметаллические порфиоровые хандизийского (Узбекистан).

Приведённые примеры убедительно подтверждают планетарность, генетическое разнообразие рудогенерирующего магматизма и рудообразования, масштабность рудных концентраций верхнедевонско-нижнекаменноугольного уровня, его геодинамическую, рудогенерирующую и рудолокализирующую специфичность. Для этого уровня типичны, с одной стороны, стратиформное оруденение без признаков магматизма, со слабым развитием магматизма и интенсивным развитием магматизма, с другой – ультраосновной и основной магматизм калиевый и натриевой щелочности платформенной и кратонной тектоно-магматической активизации, расслоенные дунит-троктолит-гарибургитовые, дунит-пироксенит-габбровые комплексы посткеанического.

По специфике рудогенерационного магматизма верхнедевонско-нижнекаменноугольного уровня можно предполагать, что источниками рудных компонентов являлись сверхглубинные мантийные плюмы, которые поднимались вверх вдоль глубинных тектонических зон, инициировали рудные флюиды, ответственные за рудообразование. Кимберлит-лапролитовый магматизм является результатом подъёма щелочно-ультраосновной магмосистемы малыми порциями в серии многоуровневых мантийных и коровых промежуточных очагов. Порфиоровый магматизм колчеданного рудообразования отражает плавление гранитно-метаморфической континентальной коры базальтоидной магмосистемой и последующей эволюцией вторичного порфиорового расплава в серии коровых промежуточных очагов.

Таким образом, мантийный плюмный тип магматизма характерен для верхнедевонско-нижнекаменноугольного уровня. Этот уровень континентальных структурах наступает после завершения гранитизационно-орогенного процесса, океанических областях после океанического корообразования и начало посткеанической активизации. Можно полагать, что в период D_3-C_1 геодинамика

полеокеанов, континентов и промежуточных котинентально-океанических структур приобретает однотипный характер, плитная тектоника затухает и происходит активизация сверхглубинных структур и субвертикальной разломной тектоники, что обуславливает локальный очаговый плюмный мантийный магматизм разной основности-щелочности.

Указанные особенности верхнедевонско-нижнекаменноугольного уровня свидетельствуют, что рудообразование на переходном этапе между двумя геодинамическими циклами (океаническим и последующим континентальным) плитной тектоники имеет плюмно-очаговую природу, а рудоконцентрирующие процессы различны в магмоочаговых зонах. Таким образом, на примере верхнедевонско-нижнекаменноугольного уровня обосновано существование глобальных металлогенических рудолокализационных и рудогенерационных стратоуровней с крупными месторождениями разных формационно-генетических типов. Эти уровни не сопровождаются океанической и гранитногенно-континентальной металлогенией.

Глобальные металлогенические стратоуровни характерны для переходных геодинамических этапов, которые фиксируются на венд-раннекембрийском, средне-верхнеордовикском, позднепермско-раннетриасовом уровнях, на границах архея и протерозоя, нижнего и верхнего протерозоя. Известно, что указанные уровни сопровождаются крупными месторождениями разных генетических типов. Вполне закономерно, что уникальный Жезказган с его рений-осмий-медь-цинк-свинец-серебряными рудами приурочен к позднепермско-раннетриасовому металлогеническому стратоуровню, когда формировались расслоенные интрузии Скаергард (Канада), Стилуотер (Исландия), Мончегорск (Россия), лампроиты (Австралия).

НОВАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛЧЕДАННО–ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОАЛТАЙСКОГО ТИПА И ЕГО МИРОВЫХ АНАЛОГОВ

Абдрахманов К.А

Институт геологических наук им. ИГН Сатпаева, Казахстан.

Наиболее ярко выраженной спецификой колчеданных месторождений рудноалтайского, куроцкого, хандизийского, западношастинского уроп–худесского, киддикрикского типов является тесный пространственно–временной парагенез сульфидных руд с ультракислыми порфирами калиевой и натриевой щелочности. Объяснение ассоциации сидеро–халькофильных элементов и легких петрогенных компонентов (Si, Al, Na, K), имеющих противоположенные тренды концентрирования в земной коре, только в специфическом режиме генезиса сульфидно–порфировой системы.

Рудоносные порфиры уникальны по петрохимии, содержание SiO₂, в них 72–82%, K₂O–6–8%, Na₂O–4–6%, натриевые и калиевые порфиры плюмазитовые. Подобные магматические породы отсутствуют в петрохимической классификации изверженных пород. В то же время вулканическая природа порфиров доказана. Невозможно синхронное образование ультракислых пород повышенной калиевой и натриевой щелочности от одного общего источника, поскольку поздние дифференциалы должны быть при высокой кремнекислотности натриевые или калиевые. Важнейшая особенность порфирового колчеданно–полиметаллического рудообразования – формирование в окраинно–континентальном геодинамическом режиме на позднеокеаническом возрастном уровне. На рудном Алтае в раннеокеаническую стадию смежного Зайсанского палеоокеана возник окраинно–континентальный флишевый терригенно–сланцевый линейный прогиб силуро–раннедевонского возраста, переросший в позднеокеаническую средне–верхнедевонскую в рифт, который способствовал появлению мантийного плюма в виде линейно–овальной очаговой области. Эта очаговая зона на современном уровне фиксируется клиновидно–дугообразным дайковым поясом гранит– и граносиенит–порфиров, возникшим при плавлении континентальной коры. В дальнейшем мантийный плюм поднимался вверх, что устанавливается двумя импульсами внедрения даек основного состава в форме клиновидно–дугообразных поясов. Вышележащая над мантийным диапиром континентальная кора погружалась в магмоочаговую зону, плавилась и ассимилировалась мантийным плюмом, происходила базальтизация корового субстрата. При этом континентальный блок обрушался в магмоочаговую область по системе дугообразных разломов, устанавливаемых по морфологии клиновидно–дугообразных внешних дайковых поясов и размещению месторождений. Мантийные флюиды, обогащенные рудными компонентами и легкими петрогенными элементами коры поднимались вверх вдоль наиболее проницаемых структур, каковыми явились дугообразные разломы над плюмом и краевые приразломные ограничения плюма. В этих разломных структурах формировались вторичные рудно–порфиновые очаги, которые подпитывались новыми порциями флюидов, обуславливая высокое флюидное давление и миграцию порфиновых очагов вверх и синхронное расслоение рудно–порфирового расплава на порфировую и рудную части с размещением порфирой над рудной. В свою очередь порфировая часть расслаивалась на калиево–алюминиевую сверху, натриево–кремниевую внизу, рудная –в последовательности сверху вниз сера, медь, цинк, свинец, серебро, барий.

Первичный источник колчеданно–полиметаллического рудогенеза имеет мантийную природу. В процессе коро–мантийного взаимодействия сформировались вторичные порфиновые источники. Огромные массы порфиновых пород, особенно в

колчеданно–полиметаллических провинциях протерозойского (киддкрикского), мезозойского (курокского, западношастинского), средно-верхнедевонского (рудно-алтайского), верхнедевоно–нижнекаменноугольного (хандизийского) возраста отражает масштабность базальтификации континентальной коры.

Таким образом, модель колчеданно-полиметаллического рудообразования может быть определена как порфиро-вулканическая коро-мантийная рифтогенно-окраинно-континентальная. Локализация колчеданно-полиметаллического оруденения определяется ареалом коро мантийной магмоочаговой системы, её пограничными обрамляющими разломами и надочаговыми зонами проницаемости вдоль границ погружавшихся континентальных микроблоков.

Разработанная модель колчеданно-полиметаллического руд рудообразования позволяет выделить на Рудном Алтае рудоперспективные участки. Одна третья часть Рудно–Алтайской рудогенерационной области прослеживается в России (юго-восточная часть Омской области), где возможно открытие крупных колчеданно-полиметаллических месторождений.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОКСИДНЫХ РУД МИРОВОГО ОКЕАНА

Авдонин В.В., Сергеева Н.Е.

МГУ, Геологический факультет, Москва, Россия,

avdonin@geol.msu.ru, nat@geol.msu.ru

Среди железомарганцевых образований, являющихся продуктом глобального процесса океанского оксидного рудообразования целесообразно выделить две самостоятельные формации: формацию железомарганцевых конкреций абиссальных котловин (ЖМК) и формацию кобальтоносных железомарганцевых корок подводных поднятий (КМК).

Генезис оксидных руд не может быть сведен к одному простому процессу, - они являются продуктом сложных взаимодействующих процессов, многообразных источников.

Важнейшую рудогенетическую роль играет морская вода, представляя собой одновременно и среду минералообразования, и агент транспортировки рудных компонентов. Формирование корок и конкреций обусловлено структурой водной толщи с ее геохимическими барьерами, и ее подвижностью; влиянием субширотной климатической зональности, определенной зависимостью от биологической активности.

В концентрации вещества оксидных руд участвуют процессы окисления, реакции автоколебательного характера, механизмы сорбции, коагуляции, соосаждения, возможно и биологические процессы. Решающая роль в образовании указанных формаций, сложенных элементами типичной базальтоидной ассоциации, принадлежит базальтоидному вулканизму. Именно этот источник обладает достаточно мощным ресурсом рудных компонентов и его периодически возобновляющаяся активность позволяет объяснить пульсирующий рост железомарганцевых образований. Оксидные руды обеих формаций состоят, таким образом, в основном из эндогенного вещества, перенесенного и (при образовании формации ЖМК) предварительно накопленного в промежуточных коллекторах – активном слое рудоконтролирующих структур.

Анализ закономерностей строения слоистого разреза конкреций и корок позволяет получить достаточно обоснованную информацию генетического характера. При этом различные иерархические уровни слоистости отражают генетические аспекты разного типа. На субмикроскопическом уровне могут быть решены некоторые проблемы способов и механизмов осаждения рудного вещества; микроскопический уровень отражает флуктуации фациальных условий; макроуровень позволяет осветить проблемы стратификации и этапов вулканизма.

В разрезе конкреции заключена история ее формирования, длительность периодов роста, преобладающий состав рудного вещества каждого периода, частота перерывов, степень разрушительного влияния их. Помимо этой истории, отражающей эволюцию фациальной обстановки в данном конкреционном поле, анализ распределения аксессуарных минералов и их состав позволяет оценить в общих чертах развитие сопутствующих росту конкреции процессов: выветривание и разрушение обнаженных на океанском дне магматических комплексов, присутствие гидротермальных рудных построек и их состав.

Распределение РЗЭ в конкрециях и корках показывает подобие их спектров при общем меньшем уровне содержаний в ЖМК. Обнаруженное сходство оксидных руд с гидротермальными корками является дополнительным свидетельством в пользу вулканогенного источника рудных компонентов.

МАГМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОЛОВЯННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЧАУНСКОМ РАЙОНЕ (ЧУКОТКА)

Алексеев В.И.

СПГТИ(ТУ), Санкт-Петербург, Россия, wia59@mail.ru

Восточное побережье Чаунской губы известно своими многочисленными рудопроявлениями олова. В долинах рек Куйвиеем, Пыркакайваам, Апапельхин сосредоточены богатые оловянные россыпи. Здесь находятся месторождение Валькумей, Кекурное и уникальные Пыркакайские штокверки, входящие в список 46 месторождений–супергигантов России (Рундквист, 2000). Развивая представления В. И. Смирнова о связи эндогенных полезных ископаемых с магматизмом, мы провели металлогенический анализ данной территории.

Оруденение Чаунского района традиционно связывают с раннемеловым Чукотским гранитоидным комплексом, включающим гранодиориты, монцониты, адамеллиты, биотитовые граниты и лейкограниты (Соболев, 1989). Нами выделен позднемеловой редкометальный интрузивный комплекс топазсодержащих микроклин-альбитовых гранитов и онгонитов, получивший название пыркакайского (Алексеев, 2005). Ареал распространения комплекса находится в эпицентре Чаунского криптобатолита и совпадает с выходом на поверхность биотитовых гранитов Северного плутона и Куйвиеемских штоков. Топазовые граниты встречены также в Пырканаянском и Пытлянском массивах. С интрузивными образованиями комплекса генетически связаны Северный и Куйвиеем-Гыргычанский рудные узлы. Южнее и западнее ареала обнажений топазовых гранитов расположены Пыркакайский, Пытлянский и Певекский оловорудные узлы.

По своей геологической позиции и геохимическому потенциалу породы пыркакайского комплекса аналогичны редкометальным гранитам таких массивов Северо-Востока как Омчикандинский, Арга-Ыннах-Хайский, Сфинкс, Одинокий и Иультинский. Потенциал оловоносности гранитов был реализован на стадии постмагматического борного метасоматоза с образованием оловорудных кварц-турмалиновых жил. Размещение турмалиновых жил в значительной степени контролируется топазовыми гранитами. В связи с этим нами выделены магматические факторы контроля оруденения трех уровней масштабности.

1. Размещение рудных узлов Чаунского района контролируется ареалами слабо эродированных малых интрузий топазовых гранитов и онгонитов, внедрённых в сводовые части крупных плутонов чукотского комплекса – Певекского, Северного, Пырканаянского, Куйвиеемского и др.

2. В Северном рудном узле выделено три рудных поля – Кекурное, Глубокое и Утиное, приуроченных к куполам кровли плутона II порядка, вмещающим серии субгоризонтальных залежей топазовых гранитов.

3. В пределах рудных полей оруденение распределяется в висячих экзоконтактах наиболее мощных силлов гранитов пыркакайского комплекса, сопровождаемых многочисленными жилами онгонитов.

Литература

Алексеев В. И. О происхождении литий-фтористых гранитов Северного массива (Чукотка) // Записки РМО. 2005. Ч. 134. Вып. 6. С. 19-30.

Рундквист Д. В. Природные национальные богатства России и их использование // Вестник ОГГГН РАН. № 1(11). 2000. С. 1-15.

Соболев А. П. Мезозойские гранитоиды Северо-Востока СССР и проблемы их рудоносности. М.: Наука, 1989. 248 с.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА НА ПЕРЛИТОВОЕ СЫРЬЕ

Антонов В.А.¹, Беляев Е.В.¹, Емкужев А.С.²

¹ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», root@geolnerud.net ²Управление по недропользованию по Кабардино-Балкарской Республике «Каббалнедра»

Оценка территории Северного Кавказа на перлитовое сырье (вулканические перлит, туф, пепел) проведена на основе минерагенического анализа, базирующегося на изучении тектонических, формационных, палеогеографических, литологических, петрографических, геохимических и других условий, определяющих образование и характер размещения месторождений полезных ископаемых. Основное внимание при этом направлено на познание режимно-тектонических (геодинамических) и структурно-формационных особенностей, этапности (цикличности) развития различных областей земной коры, установление связи оруденения со структурно-вещественными комплексами и геодинамическими условиями их формирования.

Анализ геотектонических, палеогеографических и литогенетических особенностей формирования и размещения месторождений и проявлений перлитового сырья показал, что основные его запасы сосредоточены в пределах Северо-Кавказской минерагенической зоны и связаны с вулканогенно-осадочной (N₂-Q) и андезит-дацит-риолитовой (Q) формациями альпийского этапа развития.

В восточной части Лабино-Малкинской тектонической зоны широко развиты верхнеплиоценовые вулканогенные образования, образующие мощные (до 270 м) покровы липаритовых туфов и туфолов. К полосе развития вулканогенных пород приурочены месторождения туфов (Лечинкайское, Заюковское, Казганчийское), вулканических пеплов (Куркужинское), пепло-пемзовой смеси (Бедык-Су), перлита (Хакаюкское) и др. Суммарные запасы перлитового сырья этих объектов по категориям А+В+С₁+С₂ составляют порядка 55 млн. м³. В южной части Осетинской впадины перспективной является площадь развития пород вулканогенно-осадочной формации акчагыл-апшеронского возраста. Вулканогенные образования (туфобрекчии, туфопесчаники, пемзы и пеплы) слагают линзы и пласты мощностью от первых метров до 60-80 м. К продуктивным горизонтам приурочены объекты: пеплов (Гизельское, Балтинское), туфов (Батарайдонское, Водная Балка, Цраудон), туфопесчаников (Алагирское, Скотты-Комское). Запасы перлитового сырья по категориям А+В+С₁ данного района составляют более 15 млн. м³. Все объекты представляют интерес для дальнейшего изучения.

Перлитовое сырье относится к легким энергоресурсноберегающим материалам и используется для производства широкого комплекса строительных изделий (теплоизоляционные, конструкционно-теплоизоляционные, легкие бетоны, огнестойкие штукатурные растворы, звукоизоляционные материалы и др.). В АТСИЦ ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» на основе перлита Хакаюкского, туфов Заюковского и вулканического пепла Куркужинского месторождений разработаны инновационные технологии производства строительных материалов, имеющих улучшенные технические характеристики.

Прогнозная оценка территории Северного Кавказа на перлитовое сырье показала, что перспективы обнаружения новых промышленных месторождений связаны с вулканогенно-осадочной и андезит-дацит-риолитовой формациями заключительной стадии альпийского тектоно-магматического цикла, развитых в восточной части Лабино-Малкинского краевого массива и южной части Осетинской впадины.

Проведенная оценка указывает на перспективность создания и освоения региональной минерально-сырьевой базы перлитового сырья на Северном Кавказе.

Результаты исследований могут быть использованы при планировании научно-исследовательских и геологоразведочных работ с целью выполнения социально-экономических программ развития региона.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕВОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ ЗЕМЛЯ»

Арский Ю.М., Гитис В.Г., Шогин А.Н.

Карты минерагенического прогноза необходимы при лицензировании участков недр и при выборе направлений геологоразведочных работ. Формализация задачи минерагенического прогноза производится в соответствии с принципами, сформулированными в работе. Причинно-следственная модель прогноза описывает условия генерации высоких концентраций полезного компонента на исследуемой территории. Объекты прогноза (районы, зоны, месторождения) заменяются прогнозируемой величиной, рассматриваемой как степень принадлежности точки карты к прогнозируемому объекту. Признаки точки выбираются так, чтобы характеризовать как локальные особенности вещественного состава, геодинамики и структуры геологической среды в окрестности данной точки, так и особенности региональной структуры, к которой принадлежит данная точка.

Зависимость степени уверенности в принадлежности точки региона к объекту прогноза от признаков прогноза предполагается нелинейной. Знание предметной области позволяет указать характер связи прогнозируемой величины с каждым признаком в отдельности. Это знание формализуется в виде системы математических ограничений на класс прогнозирующих функций.

В задачах минерагенического прогноза, как правило, выборка примеров для обучения и контроля формируется на основе прямых свидетельств наличия месторождения и по информации об исследованных участках территории.

В работе рассматриваются примеры использования сетевой геоинформационной среды «Электронная Земля» для решения некоторых задач минерагенического прогноза. В частности показано, что возможно подключение локальных цифровых карт и данных глобального хранилища геоданных для построения исходной модели. Далее показано использование сетевой аналитической ГИС «ГеоПроцессор» для построения решающего правила, которое строится как покрытие объектов учебной выборки одного класса. При некоторых предположениях данное покрытие можно строить как функцию уверенности в наличии месторождения.

Литература

Гитис, Ермаков, 2004. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике // М., ФИЗМАТЛИТ, 2004. 256 С.

СТРАТИФОРМНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ПЛАСТАХ-КОЛЛЕКТОРАХ ЮРСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Богуш И.А.¹, Бойко Н.И.², Черкашин В.И.³

¹ ЮИЦ РАН, i_bogush@mail.ru, ² ЮФУ РГУ, Ростов-на-Дону, Россия, ³ ДагИЦ РАН, Махачкала, Дагестан, Dangeo@wt.ru

Юрские осадочные толщи составляют более 80% северной площади Большого Кавказа. Они пронизаны наложенными комплексами секущих и субсогласных малых интрузий и жильных магматических пород, содержат многочисленные проявления сульфидов свинца, цинка, меди, полиметаллов и благородные металлы. Все рудопроявления представлены стратиформными образованиями различного генезиса.

В основание юры – плинсбахском терригенном комплексе, по данным В.Б.Черницина, галенит и сфалерит широко развиты в бассейнах Малки, Тызыла, Гижгита, Эшкакона вблизи рудных полей верхнепалеозойского возраста, по р.Малке содержание свинца достигает 1%

Ааленские проявления свинца, цинка, мышьяка, меди установлены в верховьях р.Кубани в горизонте песчаников, гравелитов, алевролитов и глин. Оруденение прослежено на площади более 100км², и представлено Подгорнинским рудопроявлением. Ааленские отложения мощностью от 6 до 10 м залегают на размытой поверхности плинсбаха. Они опробованы на протяжении 16 км, где среднее содержание свинца оказалось равным 0,17%. В рудоносной пачке песчаников и гравелитов выделен рудный пласт 0,6 м мощностью, в котором содержание свинца достигает 1-5%, а цинка до 8%. За пределами этого рудного пласта в рудоносной пачке свинцово-цинковая и мышьяковая минерализация развита постоянно в количествах 0,01-0,5 %. Оруденение вкрапленное и вкрапленно-прожилковое гидротермального генезиса. Вся рудоносная пачка аалена в региональном плане представлена идеальным пластом-коллектором, ограниченным в висячем и лежащем боках слоями глин.

Терригенно-карбонатный продуктивный келловейский пояс вытянут на протяжении более 870 км в основании Скалистого хребта Большого Кавказа. Комплекс повсеместно залегают с угловым и стратиграфическим несогласием на сланцевых толщах нижней и средней юры. Вся полоса келловейя Кавказа выделена как региональная зона пиритизации (сульфидизации), содержащая свинцово-цинковое оруденение и благородные металлы в бассейнах рек Аргуна, Терека, Баксана, Кубани и др. Рудная минерализация сосредоточена в 6-8 метровой терригенной базальной части 140 метровой толщи келловейя и перекрывается доломитизированными известняками

Карбонатным породам верхней юры (киммеридж-титон) так же присуща полиметаллическая и золотая минерализация (рр.Курджипис, Кичмалка и др.). Рудопроявления приурочены к отложениям мезмайской свиты, сложенной пестроцветными глинами с прослоями известняков и доломитов. Карбонатный комплекс перекрывается эвапоритовой толщей валанжинского яруса.

При небольших содержаниях рудных элементов, запасы их весьма значительны и представляют потенциальную промышленную ценность. Эволюция юрских осадочных толщ от терригенных к терригенно-карбонатным, карбонатным и эвапоритовым комплексам аналогична более древним месторождениям полиметаллов Миссисипского типа.

Стратиформное оруденение характеризуется широким генетическим спектром: осадочного, гидротермального, элизионного, катагенетического, термодегидратационного, гидротермально-осадочного и комбинационного происхождения. Стратификация оруденения и широкое развитие терригенных рудоносных пластов-коллекторов унифицируют и сближает флюидные механизмы рудо- и нефтеобразования.

ИНДИКАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Бородкин Н.А.

СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан

Тесные и закономерные связи с тем или иным месторождением, а, следовательно, и с его геохимической структурой обнаруживает многокомпонентный ореол [1]. Интенсивность такого ореола выражается комплексным геохимическим показателем (КГП), вычисленным и построенным с учетом индикаторной роли ореолообразующих элементов относительно заданного эталона. В зависимости от стоящей задачи эталоном для его вычисления может служить рудное тело, месторождение или его часть, интрузивный массив. Величина КГП изменяется в соответствии со свойствами частной информации от «события к событию», поэтому может принимать положительные и отрицательные значения [2]. Изолиния с $КГП = 0$ должна отвечать границе рудного поля месторождения, области с положительными значениями – площадям с оруденением тестируемого геохимического типа, а с отрицательными – безрудным участкам или участкам, несущим иное оруденение.

В масштабах Экуг-Туманинского рудного поля, (Восточная Чукотка), при рассмотрении ореолов, связанных с его тремя рудными объектами (Экуг, Туманное, Потерянное) в качестве эталона последовательно задавались совокупности проб, отвечающих одному из них. Например, при картировании КГП месторождения Экуг (КГП - Э) по всей площади рудного поля позволяет выявить участки, сопоставимые по набору геохимических признаков с самим месторождением, и т. д.

При расчете КГП-Э в качестве эталона был задан массив проб, взятых в центральной части месторождения. Аналогичным образом были определены КГП месторождения Туманное (КГП-Т) и рудопроявления Потерянное (КГП-П). Резкое различие геохимии объектов рудного поля хорошо подчеркивается поведением этих КГП, являющихся отображением многокомпонентных эндогенных ореолов оловорудного месторождения Экуг, золото-сурьмяного Туманное и рудопроявления полиметаллов Потерянное.

В распределении трех названных КГП наиболее четко индицируется и оконтуривается олово-редкометалльное оруденение месторождения Экуг. Вполне удовлетворительно проявлен положительный контур золото-сурьмяного оруденения, приуроченный к месторождению Туманное. Сложной оказалась картина распределения КГП-П, кроме интенсивного основного незамкнутого участка на юго-западном фланге рудного поля, этот показатель образует небольшие положительные ореолы вокруг месторождения Экуг.

В распределении этих КГП проявляется еще одна интересная особенность, которую можно назвать явлением альтернативы. Она заключается в том, что некоторые рудные КГП своими отрицательными аномалиями очерчивают объекты иных типов оруденения. При этом КГП-Э не дает глубоких отрицательных аномалий. КГП-Т подобной аномалией оконтуривает Экугское месторождение, а КГП-П своими отрицательными аномалиями указывает на локализацию, как золотого, так и олово-редкометалльного оруденения.

Наиболее информативным в поисковом значении оказался КГП-П: положительной аномалией он указывает на рудопроявление полиметаллов, а отрицательными аномалиями оконтуривает еще два объекта с различным оруденением (Экуг и Туманное). КГП-Т и КГП-Э: менее информативны, так как подобным образом обнаруживают, первый – два, а второй – один тип оруденения. Выявленная особенность объяснима лишь в том случае, если исследуемые типы оруденения находятся в генетическом родстве. Взаимоотношения КГП (объект – альтернатива) при

этом, по всей вероятности, отражают или этажность, или относительный возраст генетически родственных разных типов оруденения, или то и другое одновременно. Полученные результаты дают возможность и право объединить все типы оруденения в единый ряд (от наиболее глубинных к приповерхностным или от ранних к более поздним): олово-редкометалльное – золото-сурьмяное и полиметаллическое с вольфрамом. В плане этот ряд трансформируется в латеральную зональность расположения металлов олова, золота и вольфрама.

Итак, применение КГП при геохимических исследованиях на рудном поле, в пределах которого отмечается сонахождение нескольких типов оруденения, позволяют расшифровать структуру геохимического поля и определить рудную специализацию каждого геологического объекта. В практическом плане эта особенность дает новый поисковый геохимический способ обнаружения и оконтуривания разнотипного оруденения.

Литература

Приставка В.А. Локальный геохимический прогноз оловянного оруденения по эндогенным ореолам//Геохимия и минералогия рудных месторождений Северо-Востока СССР, Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1989. -С. 3-19.

Вентцель Е. С. Теория вероятности. М.: Наука, 1964.- 576 с.

ГЕНЕЗИС МАРГАНЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВУЛКАНОГЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

Брусницын А.И.

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия, brusspb@yandex.ru

Исследования поддержаны РФФИ (проект 08-05-00415).

Среди вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ различного возраста широко распространены стратиформные марганцевые залежи, которые подавляющим большинством исследователей относятся к гидротермально-осадочному генетическому типу. Условия и механизмы формирования и постседиментационного преобразования подобных объектов нами исследованы на примере месторождений Магнитогорского палеовулканического пояса на Южном Урале.

Главные выводы сводятся к следующему.

1. Изученные месторождения подразделяются два взаимосвязанных типа, различающихся строением продуктивных пачек, составом слагающих их пород, условиями накопления рудного вещества: а) проксимальные залежи, сформировавшиеся на участках просачивания на поверхность морского дна гидротермальных растворов; б) дистальные залежи, образовавшиеся на удалении от устья гидротермальных источников.

2. В обоих типах месторождений накопление марганца изначально происходило преимущественно в форме оксидов Mn^{3+} и Mn^{4+} . Последующие геологические процессы существенно видоизменили минеральный состав марганцевоносных отложений. В настоящее время в марганцевых породах установлено более 60 минеральных видов, которые формируют три последовательно образующиеся группы ассоциаций: 1) ассоциации пород основного объема залежей, образовавшиеся в ходе низкоградного ($T = 200-250$ °С, $P = 2-3$ кбар) регионального метаморфизма; 2) ассоциации сегрегационных и метасоматических прожилков, выполняющих системы поздних тектонических трещин; 3) ассоциации гипергенных минералов.

3. Характер метаморфогенных парагенезисов минералов, контролировался соотношением в породах количеств петрогенных элементов (Mn, Fe, Ca, Mg, Al и Si) и распределением в них органического вещества (ОВ), разложение которого регулировало баланс углекислоты и кислорода в поровом растворе. На месте содержащих ОВ осадков формировались оксидно-карбонатно-силикатные (или «восстановленные») породы, сложенные силикатами и карбонатами Mn^{2+} (тефроитом, пироксмангитом, родонитом, родохрозитом и др.), а также андрадитом, кварцем, гематитом и гаусманитом; а за счет лишенных ОВ отложений – оксидно-силикатные (или «окисленные») породы, в составе которых резко доминируют браунит (силикат Mn^{3+}) и кварц.

4. Типоморфным минералом марганцевых пород, испытавших низкоградный метаморфизм является кариопилит. Вытеснение кариопилита парагенезисом пироксмангита (\pm родонита) с тефроитом осуществляется в температурном интервале пренит-пумпеллиитовой фаций. Таким образом, в метаморфизованных марганцевых отложениях выделяются низкотемпературная кариопилитовая и высокотемпературная тефроит-пироксмангитовая (\pm родонит) фации. PT -границы первой из них в первом приближении соответствует цеолитовой и пренит-пумпеллиитовой фациям метавулканитов, второй – зеленосланцевой и более глубоким фациям.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ Тi-Zr РОССЫПЕЙ

Веремеева Л.И.

ФГУП «ИМГРЭ», imgre@imgre.ru

Россия, несмотря на то, что обеспечена мощным сырьевым потенциалом Тi-Zr россыпных месторождений, до сих пор свои потребности в цирконии и титане обеспечивает за счет импорта. В последние годы, в число районов перспективного социально-экономического развития Российской Федерации включен Ставропольский Тi-Zr россыпной район.

Предлагаемый нами комплекс инновационных технологий прогноза площадей с высоким качеством Тi-Zr россыпей, а также их добычи и переработки, позволяет перевести Тi-Zr продуктивные пески Ставропольского района в разряд инвестиционно привлекательных видов сырья. Ниже кратко охарактеризуем базовые элементы этих технологий:

1. Прогноз площадей и участков с высоким качеством Тi-Zr россыпей на основе анализа геолого-структурных, морфоструктурных, палеогеоморфологических особенностей формирования богатых залежей россыпей, с учетом влияния неотектонических процессов на их размещение в пространстве и сохранность от эрозии. Примером реализации этого подхода является выявление и оконтуривание с помощью бурения Камбулатского, Грачевского, Кисличанского и Рогатинского участков и других площадей, которые по качеству рудных песков не уступают, а в ряде случаев превышают ранее известное здесь Бешпагирское месторождение.

2. Кардинальное повышение инвестиционной привлекательности найдено в применении новых экономически эффективных технологий добычи и переработки Тi-Zr россыпей в условиях засушливого климата и относительно дорогих сельскохозяйственных угодий:

а) практический опыт по ведению СГД на Камбулатском участке Ставропольского россыпного района силами ОАО «Кольцовгеология» и ООО «Сибирский промышленный холдинг» в 2009 г. показал, что процесс добычи идет одновременно с частичным обогащением исходных рудных песков, однако, требует большого расхода воды;

б) принципиально более эффективной может явиться добыча продуктивных песков с селективной выемкой сырья, ведения вскрышных и подготовительных работ с использованием малообъемных роторных комбайнов и системы поточного транспорта (ленточных конвейеров). Данный метод разработан на Украине сотрудниками ООО «НПП «ИНЖИНИРИНГ» (М.В. Михайленко и др.);

в) использование методов сухой сепарации при обогащении Тi-Zr песков позволит уже на первом этапе получить максимально чистые кварц-полевошпатовые хвосты, являющиеся товарной продукцией. Последующая переработка до получения конечных товарных продуктов (ильменитового, рутилового и цирконового концентратов) может идти либо по сухой, либо по традиционной «мокрой» технологии, но со значительно меньшим расходом воды.

Предварительные данные по технико-экономическому обоснованию проекта освоения месторождений Тi-Zr россыпей Ставропольского края на основе предложенного комплекса инновационной технологии позволят сократить в несколько раз эксплуатационные и капитальные затраты и, таким образом, сделать его инвестиционно привлекательным.

О МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ ЗОН ТОНКОЙ СУЛЬФИДИЗАЦИИ И НАНОМИНЕРАЛИЗАЦИИ

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

ИГЕМ РАН Москва, tma2105@mail.ru

Проведенные исследования показали, что дисперсная сульфидизация черносланцевых толщ имеет региональное развитие в пределах складчатых поясов Северо-Востока России. В результате геологосъемочных работ 1:200000 и 1:50000 масштабов на территории Северо-Востока России выявлено более 600 зон сульфидизации, большая часть которых мезозойского возраста (85%) и в трети из них, помимо пирита и пирротина, отмечены галенит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит и другие минералы¹. Параметры зон в тех случаях когда они были определены составляют: ширина - от первых метров до 5-6 км (обычно 0.1-2 км), длина - от сотен метров до 20 и более км, при площади от 0,5 до 120 км². Только в Яно-Колымском поясе сосредоточены 120 до-, син- и постааккреционных зон сульфидизации. Из них 60% – пиритовые и пирит-пирротиновые, а 24% многосульфидные (галенит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит и другие минералы) и 14% минералогически не исследованы. Повышенная золотоносность осадочных толщ верхоянского комплекса, по всей вероятности, в целом обусловлена, зонами тонкорассеянной сульфидной минерализации, которые часто сопряжены с интенсивным смятием пород и роями метаморфогенных кварцевых жил. Многие из этих зон содержат золотое оруденение жильного и дайкового типа. Отмечается увеличение золотоносности кварцевых жил в пределах этих зон.

Большееобъемные месторождения золота, разведанные в последние годы в Яно-Колымском поясе, располагаются в границах зон сульфидизации. Слабо-дифференцированный тонковкрапленный рудный материал рассматриваемых зон представляет собой потенциально эффективный промежуточный источник руд для более дифференцированных жильных месторождений. Изотопные исследования свинца из различных месторождений Северо-Востока указывают на преимущественного коровую природу источников рудного вещества.

Учитывая, что тонкорассеянные в породах сульфиды насыщены разнообразными элементами-примесями и ассоциируются с наноразмерными включениями самородных металлов, в том числе, редкими и благородными, необходимо планомерное изучение вещественного состава этих зон с целью их геохимической систематизации. По времени формирования зоны сульфидизации достаточно четко могут быть разделены на доаккреционные (преимущественно седиментогенные), синаккреционные (в значительной степени регенерированные и переотложенные) и постааккреционные (связанные с глубинной тектоно-магматической активизацией региона). В практическом отношении, как показывает пример месторождения Дегдекан, зоны тонкой сульфидизации могут рассматриваться в качестве комплексных и в сущности неисчерпаемых рудных месторождений будущего.

ГИДРОТЕРМАЛИТЫ АКТИВИЗИРОВАННЫХ БЛОКОВ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ РУДОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Голева Р.В.

ФГУП “ВИМС”, vims-goleva@mail.ru, Москва, Россия

По мнению В.И. Смирнова, “анализ связей возникновения и распределения рудных месторождений с естественноисторической эволюцией земной коры выдвинул металлогению в разряд актуальных подразделений науки о Земле, ставшую подлинной научной основой для прогноза и выявления новых сырьевых баз месторождений черных, цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов”. Он советовал расширять исследования металлогении отдельных генетических групп рудных месторождений (Смирнов, 1981). Гидротермальному процессу обязана своим происхождением большая генетическая группа месторождений: U, Th, Be, Ta, Nb, Zr, TR, F, Sn, W, Mo, Bi, Zn, Pb, Cu, Au, Ag, Sb, Hg.

На геотектонической основе осуществлен анализ особенностей реализации палеогидротермальной деятельности в разнотипных континентальных блоках земной коры, переживших активизацию в протерозое, палеозое и мезозое (Украинский и Алданский щит, Сев.-Казахстанский свод, Уссури-Ханкайская область Юж.Приморья, Минусинские впадины, Русская платформа и др.). Разработана прогнозно-поисковая концепция. Ее основные положения:

1. Палеогидротермальная деятельность является глобальным природным явлением и реализуется на регрессивном (деструктивном) этапе активизационных режимов (рифтогенном) в виде единообразных эволюционно-дискретных циклов.
2. Различные условия разгрузки дифференцирующихся гидротерм по вертикали от палеоповерхности определяют существование совокупной региональной вертикальной зональности гидротермалитов в земной коре.
3. Конкретные рудные поля и месторождения различаются между собой по набору и интенсивности развития минеральных ассоциаций этапов и стадий цикла в соответствии с их позицией в вертикальной гидротермальной колонне.

На базе концепции создана прогнозно-поисковая технология комплексной оценки перспектив разномасштабных территорий с выделением всех возможных промышленных типов гидротермальных месторождений (металлогенический аспект) и поисков слабопроявленных месторождений в рудных поля и залежей на флангах и глубоких горизонтах известных месторождений (аспект поисков скрытого оруденения). На территории России выделены блоки земной коры, перспективы которых могут быть переоценены с новых научно-методических позиций. Это архей-протерозойские щиты (Балтийский, Украинский, Алданский, Анабарский), срединные массивы (Колымский, Омолонский, Охотский, Буреинский), выступы байкалид (Енисейский кряж, Яблонево-Становой антиклинорий), области с каледонским фундаментом (Воронежская антеклиза, Тиманское поднятие). Пересмотр перспектив известных рудоносных провинций с традиционными геолого-промышленными типами гидротермальных месторождений и комплексная оценка новых потенциально перспективных областей может существенно расширить минерально-сырьевой потенциал страны.

Литература

- Голева Р.В. Ураноносные и парагенные с ними гидротермалиты областей континентальной тектоно-магматической активизации и их прогнозно-поисковое значение (докторская диссертация), М., 2000, 317 с.
- Смирнов В.И. Пути развития металлогении. Кн. “Закономерности размещения полезных ископаемых”, М.: Наука, т.13. 1981, С.8-20.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ПЕТРОГЕННЫХ И РУДОГЕННЫХ СИСТЕМ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ – ОСНОВА РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

Головин А.А., Гусев Г.С., Криночкин Л.А., Килипко В.А.

ФГУП «ИМГРЭ», imgre@imgre.ru

Выполненные металлогенические и геолого-геохимические исследования в различных регионах России позволили установить, что металлогеническая и геохимическая зональность является фундаментальным имманентным свойством (законом) рудогенных и петрогенных систем.

Характерные черты геохимической зональности определяются следующими факторами:

- свойствами химических элементов, соотношениями их кларков;
- временем функционирования системы, количеством энергии затраченной на ее становление и соотношениями масс веществ, вовлеченных в этот процесс;
- длительностью сохранения векторов движения потоков энергии и вещества;
- степенью дифференциации вещества в одноранговых рудогенных и петрогенных системах;
- палеогеодинамической историей, обусловившей сочетание седиментогенных и вулcano-плутонических надсубдукционных и плюмовых процессов, проявившихся в различных комбинациях разноранговых структур.

Установлено, что на основе региональной геохимической зональности возможно прогнозирование площадей перспективных на выявление месторождений ТПИ. Для этого разработана классификация геохимической зональности и предложен ряд количественных показателей петрогенной и рудогенной геохимической зональности.

Петрогенные геохимические показатели халькофильности, сидерофильности и литофильности отражают конформную зональность геохимической дифференциации породообразующих систем.

Рудогенные геохимические показатели: коэффициент привноса-выноса; крупности объекта; зональности, распределения ассоциаций, значений функции Scan (программа ГЕОСКАН), совместного распределения коэффициента привноса-выноса и крупности (программа «Lineament»), – отражают дисформную зональность аномальных геохимических полей, обусловленную процессами привноса – выноса и дифференциации вещества внутри геохимически специализированных петрогенных систем.

Поэтому в границах одного и того же структурно – формационного таксона геохимический состав месторождений, как правило, соответствует типу его петрохимической специализации. Контрастность геохимической зональности возрастает от систем глобального ранга к локальным. Использование этих показателей при региональных геохимических работах масштаба 1:1 000 000 позволяет локализовать и оценивать объекты в ранге рудных районов и узлов, а при работах масштаба 1:200 000 – в ранге рудных узлов и полей, перспективные на выявление месторождений благородных, редких, цветных и черных металлов различных рудно-формационных типов.

Будут рассмотрены примеры металлогенической и геохимической зональности петрогенных и рудогенных систем, а также примеры локализации перспективных на выявление месторождений ТПИ площадей на основе региональной геохимической зональности.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РУДЫ В МАГМАТИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РАЙОНА

Гонгальский Б.И.

ИГЕМ РАН www.kgrt-61.narod.ru

Район Удоканского и Чинейских месторождений уникален не только одноименными суперкрупными месторождениями, но и большим разнообразием формационных типов месторождений меди. Из 40 млн.т. меди на Удоканское месторождение медистых песчаников приходится примерно половина. Оставшаяся часть распределена между месторождениями, залегающими, как и Удокан, в карбонатно-терригенных породах удоканского комплекса раннего протерозоя (12 млн.т.) и месторождениями Чинейского массива (8 млн.т.).

Часть месторождений традиционно относимых к аналогам Удокана, такими не являются в связи с преобладанием жильных тел пирит-халькопиритового состава, имеющих небольшое распространение на Удоканском месторождении, высокими концентрациями элементов примесей, сопоставимых с экзоконтактовыми рудами месторождений Чинейского массива.

В последние годы, расслоенные массивы рассматриваются как промежуточные магматические очаги древних вулканно-плутонических систем, фракционирование расплавов в которых приводило к образованию большого спектра магматических пород. Все их разнообразие обусловлено закономерной сменой более высокотемпературных фаз (оливин, пироксен) менее высокотемпературными (плагноклаз). Титаномагнетит участвует в двух парагенезисах: в нижних частях микроритмов, ритмов, макроритмов в ассоциации с ортопироксеном, или с плагноклазом в верхних частях тех же расслоенных единиц. Флюидосодержащие минералы (амфибол, биотит, апатит, иногда флюорит, сульфиды), микроклин, кварц концентрировались в остаточном флюидо-расплаве, из которого формировались рудные залежи. Линзы сплошных пирротин-халькопиритовых (месторождение Рудное Чинейского массива) или пирит-халькопиритовых (месторождение Контактное) руд, вероятно кристаллизовались из сульфидных расплавов, которые образовались в результате ликвации остаточного флюидо-расплава. Отделявшиеся флюиды формировали гидротермальные системы, выносившие металлы из магматического очага во вмещающие породы. Причем вмещающими становились и ранее закристаллизованные породы этого же комплекса, о чем свидетельствуют зоны прожилкового сульфидного оруденения в высокотитанистых габброидах, в которые внедрились более магнезиальные расплавы. Во вмещающих карбонатно-терригенных породах уже гидротермальные растворы формировали рудные тела, в частности Правоингамакитского месторождения. В нем, а также в месторождениях Ункур, Красное, Бурпала устанавливаются более высокие концентрации Ag и Au и других металлов, чем в рудах Удоканского месторождения. В районе штольни 2 участка Наминга Удоканского месторождения в зоне выклинивания халькозин-борнитовых руд наблюдаются многочисленные послойные и секущие прожилки, которые не могли образоваться без участия высокотемпературных гидротермальных растворов.

Таким образом, магматические эндоконтактовые руды месторождений Чинейского массива (Рудное, Верхнечинейское, Сквозное, Контактное), пневмато-гидротермальные (экзоконтактовые руды тех же месторождений), гидротермальные (Правоингамакитское, Ункурское и др.) и осадочные (Удокан и др.) месторождения составляют единую Удокан-Чинейскую рудно-магматическую систему.

НОВАЯ МЕДЬ-НИКЕЛЕНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ НА ВОСТОКЕ РОССИИ

Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л., Солдатов А.И.
ИТuГ ДВО РАН, guryanov_v@mail.ru

К настоящему времени накопилось много данных о сульфидных медно-никелевых проявлениях (месторождениях) на востоке России (на Алдано-Становом щите), позволяющие рассматривать эту территорию (юг Республики Саха-Якутия, север Амурской области и северо-запад Хабаровского края) как новую медь-никеленосную металлогеническая провинция.

Перспективы сульфидного медно-никелевого оруденения мы связываем прежде всего с древними (палеопротерозойскими?) интрузиями мафит-ультрамафитов разной формационной принадлежности. Рудопроявления Няндомы, Авланджинское, Одоринское, расположенные в северо-восточной части Лантарского массива (осевая часть хребта Джугджур на водоразделе рек Няндомы и Батомга), были выявлены В.А. Леонтовичем еще в 1934 г. Однако эти рудопроявления в пределах Лантарского, Геранского и других автономных габбро-анортозитовых массивов рассматривались скорее как экзотика, поскольку считалось, что с ними в основном связаны только апатит-титаномагнетитовые руды. Появившиеся новые данные по геологии и металлогении массивов (Приходько, Ситников, 2000; Ситников, Приходько, 2002) с учетом масштабов их проявления, позволяют дать иную, а именно высокую оценку перспектив этих объектов в отношении никеля, меди, кобальта и платиноидов.

В последние годы на юго-востоке Алдано-Станового щита выявлены небольшие пластообразные мафит-ультрамафитовые тела с сульфидной медно-никелевой минерализацией (Гурьянов и др., 2009). Наиболее изученная площадь их развития (Курумканское рудное поле) расположена в междуречье Май (Удской) и Кун-Маньё, в пределах Атагского хребта. Здесь установлено несколько разобщенных линейно вытянутых в северо-западном направлении ареалов интрузий с вкрапленной сульфидной медно-никелевой минерализацией. Магматические породы представлены вебстеритами, габброноритами, лерцолитами, клино- и ортопироксенитами. Для сульфидсодержащих вебстеритов в ЦИИ ВСЕГЕИ получены следующие изотопные датировки возраста: 1700 ± 12 млн лет по U-Pb в цирконах, Sm-Nd изохрона по плагиоклазам и слюдам составляет 1812 ± 66 млн лет. Сульфидные руды (пирротин-пентландит-халькопирит) оконтуриваются в виде пластообразных залежей, часто по форме повторяя контуры материнских тел.

Литература

Приходько В.С., Ситников Н. В. Перспективы платиноносности Лантарского габбро-анортозитового массива //Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Материалы Второго Всероссийского петрографического совещания. Т III. Сыктывкар. 2000. С.290-291.

Ситников Н.В., Приходько В.С. Сульфидное оруденение Лантарского габбро-анортозитового массив. // Геология и генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов. Москва. 2002.С. 227-228.

Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л. и др. Новый тип медно-никелевых месторождений юго-востока Алдано-Станового щита //ДАН. 2009. Т.425. № 3. С. 505-508.

ТЕКТОНИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ АЛДАНО-СТАНОВАЯ ПРОВИНЦИЯ – ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС; МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Диденко А.Н., Горошко М.В., Шевченко Б.Ф.

ИГиГ ДВО РАН, itig@itig.as.khb.ru, Хабаровск, Россия

Восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) сложена орогенными поясами, которые были сформированы в каледонскую, герцинскую, индосинийскую эпохи складчатости и рядом кристаллических массивов (микроконтинентов) с докембрийским фундаментом. С севера восточная часть ЦАСП ограничена зоной глубинных разломов от Алдано-Становой провинции и отложениями герцинско-индосинийского Монголо-Охотского орогенного пояса. Тектонические построения, с учетом более ранних работ и в сочетании с новыми геолого-геофизическими данными о глубинном строении исследуемого региона позволяют по иному подойти к оценке металлогении и к прогнозным заключениям для изучаемой территории (122⁰ - 129⁰ В.Д. и 52⁰ - 60⁰ С.Ш.).

Для данного региона установлены несколько металлогенических эпох: архейская, раннепротерозойская и позднемезозойская. Они коррелируются с соответствующими тектономагматическими событиями. В тектоническом отношении и глубинном строении наиболее ярко проявлена средне – позднемезозойская фаза тектоногенеза. Она обусловлена закрытием Монголо-Охотского палеобассейна с океанической корой и окончательным формированием аккреционно-складчатых комплексов восточной части ЦАСП (Парфёнов и др. 2003). Формирование тектонического облика изучаемой области сочленения происходил в режиме косой коллизии и сопровождалось син и постколлизийным магматизмом. Подобный сценарий тектонического развития не противоречит палеомагнитным данным и палинспастическим реконструкциям на рубеже поздней и средней юры. Глубинные «следы» этих тектономагматических событий проявлены в виде наклонных глубинных границ раздела коровых и литосферных блоков. На земной поверхности им соответствуют крупные разломные зоны в виде краевых швов (Джелтулакский, Северотукурингский, Южнотукурингский). Влияние коллизионных процессов по мере удаления от области сочленения ЦАСП и СП, которая проходит по Северотукурингскому и Южнотукурингскому структурным швам, затухает в северном направлении. После межблокового Станового глубинного разлома в Алданской гранулит-гнейсовой области разломные системы имеют крутопадающий характер.

С позднемезозойской металлогенической эпохой связаны крупные и суперкрупные месторождения золота, урана, молибдена и целый ряд более мелких месторождений золота, серебра, молибдена, флюорита, аметиста, свинца, меди, цинка, голубого асбеста и пьезооптического кварца. Рудные районы, сформированные в эту эпоху, обладают специфическими глубинными признаками, которые позволяют проводить региональный металлогенический прогноз.

Литература

Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология, 2003, т. 22 (6), с. 1-41.

НОВЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО БЕРЕГОВЫМ ОБНАЖЕНИЯМ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА ХМИТЕВСКОГО, МЫСА АНТАМЛАН И БУХТЫ ТОКАРЕВА

Есипенко А.Г.

СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, esipenko@neisri.ru

Рассматриваемый участок расположен на п-ве Хмитевского. Является частью Мотыклейской палеовулканической структуры (Песков, 1973), являющейся из себя небольшой частью Удско-Мургальской островодужной системы [2]. Если рассматривать район исходя из предполагаемого островодужного генезиса, и можно предполагать, что он может иметь некоторые перспективы в смысле наличия в его пределах, в частности, и Cu-(Mo)-порфировых проявлений. На территории работ еще не проводилась 50000 съемка.

Пусковым моментом для проведения описываемого ниже круга работ, явилась находка гидротермально измененного штокверка и сопутствующей ему тектонической картины.

Автору удалось опробовать штучным способом северо-восточный берег п-ва Хмитевского, восточный берег бух. Токарева по интрузии (1300 м), и ручьям, взять ряд проб на южном и юго-западном ее берегах, а также опросовать обнажения восточного берега м. Антамлан (2.2 км), (всего 116 проб, из них 106 штучных, 10 песок). По части штучков были сделаны шлифы и аншлифы. Также был выполнен спектральный анализ по всем пробам. Описание сделано в терминах [1]. Из трех разрезов по геохимическим данным представляет интерес лишь один.

Он проходит от северного контакта Хмитевской среднеглубинной интрузии K_1 - K_1 с толщей Момолтыкичской свиты K_{1mm} , по западному берегу бух. Токарева, через береговые обнажения п-ва Антамлан, с юга на север с общим азимутом $30^{\circ}-50^{\circ}$. В целом в разрезе все породы подверглись термодинамометаморфизму, ороговикованы, содержат в себе кварц-эпидотовые самосопряженные жилы, жильные выходы серпентинитов типа хризотила, мощностью до 1 м, неравномерно смяты в складки различной формы.

Первый участок разреза по породам K_{1mm} (100-120 м), рассеченных тремя тектоническими нарушениями северо-западного простирания (азимут $120^{\circ}-130^{\circ}$), делящими фронтальную восточную сторону участка на 4 части: целую южную, первую зону штокверкования и дробления, снова относительно целый промежуток, и северную часть штокверка (по фронту более его половины, ~80 м). С юга весь участок ограничен субширотным контактом с интрузией; с севера, - также контактом субширотного простирания, но уже с породами Поперечинской свиты $J_{зpp}$ (?). Северная зона штокверка катаклазирована и выполнена системой перпендикулярных кварц-эпидотовых четковидных жил мощностью до 15-20 см в раздувах, прожилками до 1-2 см, и сложно рассланцована. Породы штокверка постметаморфически гидротермально изменены, и в настоящее время представляют из себя предположительно зону окисления. Кварц мелкий желтоватый и серый, шероховатый, в основном в оторочках жил. Эпидот землистый, материал штокверка ослаблен, разрушенная порода коричневая, иногда с эпидотовой зеленью, тонкая. Далее по разрезу наблюдается интервал выхода вулканогенно-осадочной Поперечинской толщи $J_{зpp}$. Породы $J_{зpp}$ дислоцированы рядом отчетливых субширотных(?) нарушений, имеют сложную складчатость, метаморфизованы, ороговикованы на всем интервале выхода (более 1,3 км) и прорваны секущими субвертикальными дайками базальтов (βK_1 ?). На северной оконечности п-ва Антамлан в береговом обрыве, на высоте около 10 м, имеется выход

нескольких смятых трубок диаметром до 7 м, с хризокolloподобным высыпанием. Опробовать их не удалось из-за отсутствия альпинистского снаряжения.

В спектральном анализе материала проб выявились следующие элементы (28): Sb, Mg, Pb, Cr, As, Mn, Ga, Fe, Ge, Bi, Ba, Mo, Sn, Ca, Li, Cu, Ag, Zn, Ti, Ni, Co, Au, Al (100%), Sc (65%), Zr (35%), в % указана частота встречаемости. Значения средних и максимальных концентраций проявленных на участке элементов, отдельно по штокверку и остальным пробам, что показывает Au-специализацию штокверка (10 проб, min=1.5 г/т, 3 пробы 27.5-47.5 г/т +Sb+As) и Cu 150 г/т, до 1800 г/т в ед. пробах. Пробы с повышенной концентрацией Cu тяготеют к северному экзоконтакту штокверка в породах $J_{зpp}(?)$, а три пробы, показавших промышленные концентрации Au (подтверждены атомной абсорбцией), находятся в его северном эндоконтакте.

На основании полученных результатов предполагается провести поисковые работы: отбор 250-300 металлометрических проб по зоне штокверка, включая контакты (масштаб 1:1000), маршруты и опробование северной части п-ва Антамлан, и др.

Литература

Государственная геологическая карта СССР, листы О-55-V, XI. Москва, 1980.

Горячев Н.А. Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России, Магадан, 2005, с. 17-38

Савва Н.Е. Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России, Магадан, 2005, с. 38-58

ЗОНАЛЬНОСТЬ, ПАРАГЕНЕЗИСЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА АССОЦИАЦИЙ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ПОЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЙСКОЕ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧУКОТКА)

Есипенко А.Г., Морозова С.Г., Приставко В.А.

СВКНИИ ДВО РАН.

Работа посвящена фундаментальному вопросу геохимии – проблеме геохимической зональности рудных гидротермальных месторождений и определению геохимических ассоциаций на примере Майского золоторудного месторождения.

1) В работе даются определения контрастности, дельта-вектора и понятие виртуального Эммонсова рудно-геохимического столба (ВЭРС). Для ВЭРС показываюся разложения в многомерные функциональные ассоциации относительно некоторых главных элементов, для которых и строятся ВЭРСы [например, золотой ВЭРС, висмутовый и т.п.]. Каждый ВЭРС, отвечает не одному реальному рудному столбу (РРС) и может отражать несколько различных ассоциаций. На ВЭРС, кроме области зональной соконцентрации, выделяется комплиментарная ей область элементов с отрицательными контрастностями (элементов выноса для ассоциаций ВЭРС), определенным образом связанная с ассоциациями соконцентрирования, и зона амбивалентности. 2) Выделяются два типа последовательностей маркеров ядер полей химических элементов и, соответственно, два типа ассоциаций. 3) На основе п.п. 1-2 дается определение геохимического парагенезиса. 4) С помощью п.3 объясняются ВЭРС-последовательности и соответствующие им ассоциации, отвечающие гидротермально-метаморфической схеме геохимических парагенезисов и собственно гидротермальной схеме геохимических парагенезисов. 5) В терминах п.п. 1-4 показываюся проявленные на месторождении геохимические ассоциации, где возможно делаются заключения об их взаимной последовательности.

На базе понятия геохимического поля химического элемента, как диссипативно-концентрационного объекта, понятий контрастности и дельта-вектора [Приставко, 1979], и незамысловатой соответствующей обработки геохимических данных [Приставко, 1989] по пространственным (XYZ) эндогенным ореолам Майского месторождения (около 200 скважин, диапазон глубин (+400м ÷ (-800))м, 16600 проб), удаётся построить ряд виртуальных Эммонсовых рудно-геохимических столбов. И выделив на соответствующих им графиках отношений маркеров позиций ядер химических элементов два типа последовательностей, объяснить их с помощью качественной схемы флюидодинамики. Которая для идеализированных рудно-геохимических столбов, ВЭРС, оказывается принципиально одной. Далее, определяя понятия о двух вариантах геохимических парагенезисов: гидротермально-метаморфическом (ГТМ), когда инъекция происходит в блок подверженный метаморфическому термостатирующему эффекту, и собственно гидротермальном (ГТ) – инъекции гидротермы в «холодный блок», не подверженный М-термостатированию. Соответствующие этим случаям последовательности оказываются ортогональны и, конечном счете, соответствующее им положение ядер полей элементов удаётся объяснить с помощью единого механизма сегрегации, контролирующегося критическими изотермами температурных полей ГТМ- и ГТ-парагенезисов.

В результате, мы выделяем три гидротермальных ассоциации (самостоятельных инъекции): (1) редкометалльная – снизу-вверх, +(Bi-Sn-W-Be-Mo)-(Y), со знаком ‘+’ – субассоциация соконцентрирования, со знаком ‘-’ – субассоциация выноса, ГТМ-ассоциация, диапазон глубин (-700 ÷ +100м), по данным геологов – первая, связана с гранитоидным интрузивным магматизмом Кукенейского типа; (2) Au-As-Sb-сульфидная – основная Au-ассоциация, диапазон глубин (-600(-700) ÷ +300) м, полное выражение +(Au-As-Sb)-(Mn-Ba-Zn-Cr), ГТМ-парагенезис, на фланге в своей нижней

части контактирует с ассоциацией (1); (3) Ag-ассоциация с собственным Au, завершающая, имеет смешанный ГТМ-ГТ-генезис: начинается с инъекции Cu и, следом, Ag, еще в условиях действия термостатирования, начиная с завершения Ag-стадии, происходит по чисто ГТ-сценарию «в холодный блок», формула снизу-вверх +(Sr-Au-Pb-Ag-(Cu))-(V-Co-Ni), занимает по вертикали тот же диапазон, что ассоциация (2), наложена на (2), по пространству несколько шире, что возможно связано с тектоническими событиями для блока.

Взаимная последовательность ГТМ ассоциаций V_i и Au, по нашим данным может быть обратной.

Изложенный подход дает возможность изложить геохимическую структуру гидротермального месторождения в терминах ассоциаций, определяющихся отдельными инъекциями комплексов химических элементов, показать зональность элементных масс и самих ассоциаций в их последовательности, при различных термальных состояниях блока.

Литература

- Бородкин Н. А., Приставко В. А. Основные черты геохимического поля оловорудного проявления Мыслереннет // Геохимия и минералогия рудных месторождений Северо-Востока СССР: сб. науч. тр.- Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1989.-С. 105-123.
- Волков А. В., Сидоров А. А. Уникальный золоторудный район Чукотки. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН; М.: ИГЕМ РАН, 2001. - 180с.
- Гончаров В. И., Волков А. В. Гелогия и генезис золоторудного месторождения Совиное (Чукотка) – Магадан, 2000, 200с.
- Канищев А. Д. Главные факторы геохимических ассоциаций и вертикальной геохимической зональности эндогенных рудных месторождений // Геол. рудн. месторожд. - 1977.-№ 6. - С. 80-99.
- Приставко В. А. Картирование эндогенных ореолов оловорудных тел на основе информационных мер // Геохимические карты и их использование при поисках рудных месторождений. - Хабаровск, 1979.- Ч. 1.- С. 129-130.

НОВЫЙ МЕТОД РЕГИОНАЛЬНОГО И ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ УДАРНО-ВЗРЫВНОЙ ТЕКТониКИ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Зейлик Б.С.

*Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева, Алма-Ата, Казахстан,
boris.zeilik@gmail.com*

Исследования, выполненные в Западном Казахстане, показали, что в пространственном размещении месторождений углеводородов существует строгая закономерность. Основная масса месторождений оказалась приуроченной к концентрическим зонам разуплотнения горных пород, разделённых зонами сжатия, в гигантских астроблемах – гиаблемах (Зейлик, 1999).

В соответствии с флюидодинамической концепцией образования месторождений полезных ископаемых, выдвинутой Б.А.Соколовым и В.И.Старостиным (Соколов, Старостин, 1997), можно было предположить, что подобный структурный контроль должен проявиться в пространственном размещении месторождений металлических полезных ископаемых, связанных с гидротермальной деятельностью, т.е. с флюидодинамическими процессами. Выполненный анализ территориального распределения таких месторождений подтвердил эту мысль. Размещение месторождений оказалось соподчиненным с дугами палеозойд Казахстана, впервые выделенными Е.Д. Шлыгиным (Шлыгин 1976). Дуги эти выразительно запечатлены в геологических образованиях большей части территории страны. Они являются структурными составляющими Казахстанской гиаблемы.

Опираясь на положение геометрического центра этой гиаблемы, а также на центры других, меньших по диаметрам астроблем, а также на пространственное размещение месторождений, на всей огромной территории страны были построены дугообразные зоны растяжения и сжатия для каждой из астроблем. Все построения были выполнены в соответствии с принципами ударно-взрывной тектоники на основе широкого использования данных ДЗЗ.

Таким образом, в региональном и локальном масштабах оказалось возможным осуществить выделение наиболее перспективных площадей для постановки первоочередных поисковых работ.

Литература

Зейлик Б.С. Способ прогнозирования перспективных площадей для поиска месторождений углеводородов // Бюллетень Евразийского патентного ведомства. Изобретения (евразийские заявки и патенты). М., 1999. №6. С.155.

Зейлик Б.С. Патент №12039 на изобретение: Способ Зейлика прогнозирования перспективных площадей для поиска месторождений металлических полезных ископаемых. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан 05.07.2002.

Зейлик Б.С. О происхождении дугообразных и кольцевых структур на Земле и других планетах (ударно-взрывная тектоника). М. 1978. 56 с.

Соколов Б.А., Старостин В.И. Флюидодинамическая концепция образования месторождений полезных ископаемых (углеводородных, металлических и неметаллических). Смирновский сборник-97. М.: Фонд им. акад. В.И.Смирнова. 1997. С.99-147.

Шлыгин Е. Д. О сходстве тектонического рисунка Центр.-Казахстанской и Яно-Колымской складчатых областей // Изв. АН Каз ССР. Сер. геол. 1976. № 3. С. 1-12.

МЕТАМОРФОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ РУДОНОСНАЯ СИСТЕМА МИНОРСКОЙ ЗОНЫ СМЯТИЯ (ЮЖНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ)

Иванов Н.Н.

Структурно-динамическая эволюция Минорской зоны смятия сопровождалась формированием сложнопостроенной метаморфогенно-гидротермальной системы. Вмещающие горные породы в пределах изученных глубин представлены ритмичным чередованием алевропелитовых и песчанистых горизонтов верхнего карбона и нижней перми Верхоянского терригенного комплекса.

В структурном отношении зона имеет линзовидно-полосовое строение, проявленное в последовательном чередовании меридионально вытянутых тектонических блоков малодеформированных горных пород и разделяющих их узких контрастных зон катаклазитов. Последние, по существу, являются локальными крутоориентированными тектоническими потоками, главным атрибутом которых является динамометаморфическое ламинарное течение горных пород. Указанные зоны характеризуются метаморфизмом цеолитовой и зеленосланцевой фаций, петроструктурной зональностью пород, уверенно прослеживаются при детальном структурном картировании характерным набором индекс-элементов на слоевом, породно-минеральном и элементарном уровнях. К этим зонам пространственно приурочивается богатое золото-кварцевое оруденение как результат механо-химических процессов длительного поэтапного экстрагирования и перераспределения золота из вмещающей среды.

Гидротермальная минерализация представлена эшелонированными по вертикали кварцевыми образованиями согласного и секущего характера. По отношению к слоистости вмещающих пород все кварцевые тела группируются в следующие структурно-морфологические типы: согласные, продольно-секущие и поперечно-секущие кварцевые жилы. Генетический интерес как результат завершающей стадии гидротермальной деятельности представляют небольшие поперечно-секущие минерализованные трещины («альпийские жилы»).

Слагая основную массу жильного материала рудных тел кварц представлен тремя разновозрастными генерациями: ранний метасоматический кварц-1 формирует призальбандовые участки полосчатых согласных жил, поздний массивный молочно-белый кварц-2 выполняет осевые части согласных жил и крупные плито- и линзовидные тела продольно- и поперечно-секущего характера, кварц-3 представлен в поперечно-секущих минерализованных прожилках.

Минеральный состав золотоносных руд прост: в жильной массе, сложенной на 95-99% кварцем, в переменном количестве содержатся карбонаты, полевошпат (альбит), серицит, хлорит, из рудных минералов - самородное золото, галенит, арсенопирит, сфалерит, пирит, пирротин. Суммарное количество сульфидов не превышает 1%.

Динамическая обстановка формирования метаморфогенно-гидротермальной системы на начальных этапах определяется как одноосное близширотное сжатие с развитием взбросовых полей напряжений. Позднее происходит смена взбросовых тектонических движений сдвигами, в процессе которой возникают локальные участки сбросовых полей напряжений, контролирующих закономерности пространственного размещения золотого оруденения.

К ПРОБЛЕМЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОИСКОВ, ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ U В УРАНОНОСНЫХ РАЙОНАХ С. ПРИБАЙКАЛЬЯ

Ишевская Э.Г.

ФГУП ВИМС, ishevskaya@yandex.ru

В РФ сложился острый дефицит крупных и рентабельных эндогенных месторождений урана. В то же время известны тысячи проявлений U, в основном, недоизученных и законсервированных до распада СССР, например, в С. Прибайкалье. В 2000 г.г. здесь активизировались прогнозно-поисковые ГРП с существенными объемами бурения в очень сложных обстановках. Но до настоящего времени обнадёживающих «зацепок» за промышленное оруденение *не выявлено*. Одной из причин «безрезультативности» является, по мнению автора, сложившийся в урановой геологии огромный пробел в использовании *массовой геохимической информации* «рядовых» элементов. Геохимические поиски обычно отождествляются с объемами, а не с качеством геохимических работ и геохимических карт, содержательно неосмысленных, но построенных по современным «продвинутым» технологиям. В итоге у геологов-уранщиков сложилось негативное отношение к «нерадиоактивной» массовой геохимии и бесконтрольное нарушение стандартных требований к геохимическим работам на всех этапах.

Впервые за последние 20 лет в ВИМСе проводится геохимическое прогнозно-поис-ковое изучение урановых проявлений и поисковых участков в С.Прибайкалье с разработкой методики оценки их рудоперспективности. В частности, на юге Берёзовского прогиба, где среди рассеянных сингенетических «битумных» концентраций U в карбонатных породах обосновывалось перспективное гидротермальное U оруденение (Макарьев, Павлов, 2009). Недавно завершённое с отрицательными результатами бурение урановых проявлений, напрямую подтвердило сделанные ранее (Авилова, Ишевская, Коноплев, 2009) и окончательные выводы геохимических исследований. Они базировались на ~ 700 поверхностных пробах из коренных пород в обломочном залегании, отобранных сотрудниками ВИМСа и ООО НТП «Сосновгеос» и анализированных рентгеноспектральным методом на 57 элементов и газометрически на Сорг в выборочных пробах. Обработка проведена методами математической статистики по «ступенчатым» выборкам проб и картографически. Интерпретация выполнена путем сравнения с рудными объектами других генетических и формационных типов по литературным и фондовым материалам. Основной вывод – «березовская» Pb(±Cu)-Zn-U минерализация в рифейских известняках торгинской свиты на 3 изученных рудопоявлениях (с наибольшим Александровским) является *диагенетической* (непромышленной в настоящее время). Урановая «субрудная» минерализация относится к карбонатной рифовой формации с многочисленными очень мелкими «структурными центрами» водорослевых рифов. Основная сульфидно-урановая минерализация сформирована в связи с сульфатредуцирующей деятельностью бактерий при диагенезе, захоронении осадков, наблюдаемая низкая концентрация Сорг.(0.0n%), связанная с U, является остаточной. Возможно была и сорбционная концентрация U на илово-глинистых мицеллах с отмершей органикой. На поисковом Александровском участке геохимических признаков эндогенного гидротермального оруденения не выявлено.

Литература

Авилова О.В, Ишевская Э.Г., Коноплев А.Д. Результаты минералого-геохимических исследований на рудопоявлениях в рифейских известняках Берёзовского прогиба // Мат-лы II Всероссийской конференции по прикладной геохимии, г.Воронеж, 26-28 февраля 2009г. – Воронеж: ИП Гончаровой, 2009. – С. 14.

Макарьев Л.Б., Павлов М.В. Ураноносные известняки Берёзовского прогиба (Западный Алдан) // Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. 2009. Вып. 153. С.78-87.

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ДРЕВНИХ ЩИТАХ

Казанский В.И., Лобанов К.В.

*Учреждение Российской академии наук институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН)*

Доклад основан на результатах согласованного анализа геологических, петрофизических и сейсмических данных по двум рудным районам, содержащим палеопротерозойские (2,0-1,8 млрд. лет) эндогенные месторождения мирового класса. В Печенгском рудном районе (Балтийский щит) это магматические медно-никелевые месторождения, в Кировоградском рудном районе (Украинский щит) метасоматические урановые месторождения. И в том, и в другом районе выявлены локальные (среднемасштабные) неоднородности коры и раздела Мохо, установлены соотношения с ними поверхностных структур и разработаны глубинные модели, включающие раздел кора – мантия.

В итоге предложена новая трактовка Печенгского рудного района как палеопротерозойского вулканического центра, сопряженного с шовной зоной в архейском основании. Вопреки плейттектоническим построениям под никеленосной Печенгской структурой обнаружен реликтовый мантийный плюм. Выдвинута идея о принадлежности медно-никелевых месторождений Печенги к особому вулканоплутоническому классу.

В Кировоградском рудном районе обнаружена пространственная связь урановых полей с дискордантным прогибом в рельефе раздела Мохо, что влечет за собой пересмотр представлений о доминирующей роли внутрикоровых процессов в металлогении района. Показано, что крупные рудоносные разломы являются составной частью интрузивно-ультраметаморфического цоколя и что ураноносные натровые метасоматиты контролируются наложенными на этот цоколь рассредоточенными разрывами.

В заключение рассмотрена возможность использования приобретенного опыта на других территориях, в том числе в Эльконском рудном районе на Алданском щите, где с палеопротерозойскими месторождениями флогопита и карбонатитами совмещены мезозойские щелочные интрузии, месторождения урана и золота.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.

Кайгородова Е.Н.¹, Калмыкова Г.З.²

¹(ГП КБР КБГРЭ), ²(ООО «Каббалкгеология») katmsu@mail.ru

Кабардино-Балкарская Республика расположена в центральной части северного склона Большого Кавказа. В республике известно более 300 месторождений и проявлений. В геологическом строении её недр принимают участие породы от кристаллических сланцев протерозоя до четвертичных образований. В процессе длительной геологической истории здесь сформирован ряд структурно-фациальных и металлогенических зон различной специализации, определяющие богатство минеральных ресурсов КБР.

Металлогеническая зона Главного хребта (W, Sn; Ta, Nb, Be, Rb; Au, As; Pb, Zn специализация) охватывает кристаллические сланцы протерозоя и гранитные массивы палеозоя. На территории КБР известно 2 месторождения Sn: Илипсарское и Мало-Мукуланское, 1 месторождение As: Чегет-Джора; Чочу-Кулакское и Тызыльское месторождения Pb и Zn. В долинах рек Малка, Хасаут, Мушт с 30-х годов обрабатывались россыпи золота.

Самуро-Белореченская металлогеническая зона (Pb, Zn специализация) связана с юрской активизацией фундамента. Полиметаллические проявления протягиваются субширотной полосой от Азау до Хазнидона, максимальное проявление наблюдается на территории республики Северная Осетия.

Черек-Кубанская металлогеническая зона (Au, Ag специализация) расположена в пределах Северо-юрской депрессии и связана с юрским базальт-риолитовым вулканизмом. На территории республики известно Безенгийское месторождение.

Центрально-Кавказская металлогеническая зона (W, Mo, Cu, Hg, As, Au специализация) связана с кайнозойским вулканизмом. С внедрением кайнозойских эльджуртинских гранитов в настоящее время связывается происхождение Тырнаузского месторождения.

На территории Кабардино-Балкарии выявлено 140 месторождений различных нерудных полезных ископаемых. Месторождения связаны как с осадочными породами, так и с продуктами вулканической деятельности (палеоген-неогеновые вулканогенные породы Эльбрусского и Чегемского комплексов). Известны месторождения и проявления минеральных красок, строительных песков, песчано-гравийных смесей, бентонитовых и огнеупорных глин (сырьё для металлургии), горно-химического сырья (барит, серпентиниты), минеральных удобрений (гипс, цеолиты, бентониты), горнорудного сырья (андалузит, кислотоупорные базальты, мраморы, сера, полевошпатовое сырьё), карбонатного сырья, керамзитовых глин, кирпично-черепичного сырья, облицовочных и строительных камней (граниты, туфы, известняки).

Государственным балансом запасов полезных ископаемых РФ в республике учтены запасы 4 нефтяных месторождений. Также известно 3 месторождения и 3 проявления каменного угля.

Территория КБР характеризуется широким разнообразием и богатством минеральных вод, наибольшим распространением пользуются углекислые воды типа «Нарзан», образующие шесть групп выходов минеральных вод: Приэльбрусская, Малкинская, Верхнемалкинская, Хасаутская, Тызыльская и Верхнечегемская.

Литература

Мезенина Т.Н. Пояснительная записка к карте месторождений полезных ископаемых КБР. Нальчик, 1995

Кривошеев В.Г. Оценка перспектив Au-Ag и попутного барит-полиметаллического оруденения Чегем-Урухского вулcano-плутонического пояса. Нальчик, 2006
Государственный баланс запасов полезных ископаемых РФ. Москва, 2008-2009

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ НЕФТИ ПО ПЛОТНОСТИ И СОДЕРЖАНИЮ СЕРЫ – КРИТЕРИЙ РАЙОНИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ ПО КАЧЕСТВУ УВ СЫРЬЯ

Козлов Н.Е.¹, Козлова Н.Е.², Мартынов Е.В.³, Сорохтин Н.О.⁴,
ГИ Кольского НЦ РАН, Анапты, Россия, ¹kozlov@geoksc.apatity.ru,
²kozlovane@afmgtu.apatity.ru, ³mart@geoksc.apatity.ru, ⁴sorokhtin@geoksc.apatity.ru
Данные исследования являются первым результатом работы по Программе Президиума РАН 14 проект № 1.3.4.

Исследование состава нефти, физико-химических параметров ее локализации в недрах Земли, а также ее качественные характеристики лежат в основе геохимических методов разведки нефтегазовых месторождений. Достаточно часто сведения о составе нефти используются для ее разделения по качеству, что определяет особенности извлечения и дальнейшей переработки. В настоящей работе предпринята попытка геодинамической типизации нефтяных месторождений мира с учетом данных о плотности и содержании в них серы.

Изучение процессов генерации УВ показывает, что с активными и пассивными континентальными окраинами различного возраста связано подавляющее большинство нефтегазовых бассейнов мира. Со временем большая их часть оказалась вовлеченной в коллизионные взаимоотношения друг с другом, а сформированные в краевой части скопления УВ претерпели процессы регенерации и выдавливания из сутурной зоны в периферийные области. Это привело к многократному увеличению нефтегазового потенциала окраинных и частично внутренних областей литосферных плит, а так же к приобретению нефтями специфических геохимических особенностей. Исходя из этого все нефтегазоносные бассейны органического происхождения можно разделить на три основных генетических типа: 1- сформированные в условиях накопления мощных толщ осадков на пассивной окраине континента, его материковом склоне и подножье; 2- формирующиеся в пределах осадочного чехла внутренних областей прогибания крупных платформ; 3- формирующиеся в результате повторного прогрева дегидратации и выдавливания из осевых зон активных окраин континентов и коллизионных швов.

Проведенная геохимическая типизация контрастных генетических типов нефти (с использованием базы данных, включающей порядка 120 проб) по соотношению параметров содержания серы и плотности в нефтяных месторождениях мира позволяет уверенно разделить их на две совокупности, характеризующиеся различными линейными трендами зависимости. В первую группу попадают нефти из месторождений, сопряженных с активными континентальными окраинами и коллизионными поясами, а во вторую - связанные с континентальными склонами пассивных окраин. Из рассмотрения были исключены данные по внутриконтинентальным областям и ряду других регионов, которые не могут быть эталонными ввиду возможности смешения в них составов различных генетических типов нефти. К таковым, например, можно отнести Тимано-Печорскую и Западно-Сибирскую провинции, а так же нефтегазоносный бассейн Северного моря.

Предложенная методика позволяет не только проводить типизацию УВ, но также давать оценку степени смешения выделенных генетических типов нефти в пределах месторождений, и, следовательно, районировать слабоизученные территории по качеству углеводородного сырья.

ГАЗЫ ЛИТОСФЕРЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кондратов Л.С.

ФГУП ГНЦ ВНИИгеосистем, г. Москва, lkondratov@yandex.ru

В литосфере Земли газы находятся в разных формах: газы свободной формы, размещающиеся в порово-трещинном пространстве пород; газы растворенной формы, находящиеся в водах этого пространства; газы адсорбированной формы, размещающиеся на поверхностях минералов пород; газы абсорбированной формы, размещающиеся в кристаллической решетке минералов пород (Брунауэр, 1948).

Главное направление миграции этих газов связано с вертикальным направлением от глубинных зон Земли к ее дневной поверхности.

На путях движения всех газов к поверхности могут встречаться различные физические поля: тепловое, акустическое, магнитное, электрическое и радиационное, которые оказывают на газовые компоненты разное воздействие.

Разные физические поля по-разному изменяют состав газовых компонентов мигрирующих флюидов. В зоне влияния конкретного физического поля происходят изменения состава газа пород. Знание особенностей влияния физических полей на состав газов пород можно использовать при поисках и разведке полезных ископаемых и охране окружающей среды (Кондратов, Ершова, 1986).

Нами проведены экспериментальные работы по обнаружению эффектов изменения состава $УВГ_{адс}$ при воздействии на систему порода – вода – газ различных физических полей, что привело к обоснованию новых газогеохимических показателей нефтегазоносности и рудоносности объектов.

Важное значение при выявлении этих признаков имеет определение газового фона на площади исследований. С этой целью нами изучены особенности развития газового поля по разрезу и по площади на разных участках литосферы. Определены особенности развития газового поля по адсорбированной форме газа пород разреза сверхглубоких (СГ-1, СГ-3, СГ-4) и глубоких скважин, в различных геологических обстановках: мощные толщи солевых отложений Белоруссии; бортовая зона платформы в Калининградской области; солевые толщи Прикаспийской впадины; мощные толщи карбонатных пород, солей, траппов Восточно-Сибирской платформы; тектонически активные зоны Северного Кавказа и Средней Азии; акватории Баренцева моря (Кондратов, 2006).

Кроме этого исследованы особенности развития газового поля по структурам разного порядка на площадях со скоплениями различных полезных ископаемых, а также в зоне сочленения платформы и геосинклинали (Урал-Башкирия, лист N-40).

Полученные результаты позволяют рекомендовать исследование газового поля при поисках полезных ископаемых и охране окружающей среды. Исследования газов адсорбированной формы не имеет аналогов мире. Нами разработан метод исследования газов ионно-адсорбированной формы вод, который можно применять при поисках полезных ископаемых и охране окружающей среды.

Литература

- Брунауэр С. Адсорбция газов и паров // Изд-во иностранной литературы. М.: 1948.
Кондратов Л.С., Ершова М.В. Углеводородные газы горных пород в связи с использованием при поисках полезных ископаемых // Изв.ВУЗов. Геология и разведка. № 7. с. 17-24.
Кондратов Л.С. Газовое поле литосферы // Геоинформатика. М.: 2006. № 3. с.50-61.

ГЛУБИННОЕ ГЕОЛОГО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ УРАЛА, КАК ОСНОВА ПЕРЕОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЫСОКОЛИКВИДНЫХ ТПИ В ТРАНСПОРТНОМ КОРИДОРЕ

«УРАЛ ПРОМЫШЛЕННЫЙ – УРАЛ ПОЛЯРНЫЙ».

Кременецкий А.А.,¹ Морозов А.Ф.,² Ферштатер Г.Б.,³ Бескин С.М.¹

¹ФГУП «ИМГРЭ», imgre@imgre.ru; ²Роснедра, syashina@rosnedra.com;

³Институт геологии и геохимии, gerfer@online.ural.ru

К обсуждению предлагается разрабатываемая нами рифтогенно-сдвиговая модель формирования Урала ключевым элементом которой является его поперечная зональность как главная причина меридиональных неоднородностей глубинного строения и размещения рудных месторождений в различных сегментах Урала. Исходными данными, послужили изотопно-геохимические исследования различных рудно-формационных комплексов Среднего Урала в т.ч. SHRIMP-датирование зональных цирконов; результаты геохимического картирования территории Приполярного и Полярного Урала и, наконец, анализ (совместно с А. К. Алексеевой) пространственного размещения региональных рудно-магматических систем Урала в аномалиях гравитационного и магнитного полей.

Модель включает 2-а этапа:

1-ый этап платформенного и эпиплатформенного рифогенеза (подобно Байкальскому и Панафриканскому рифтам). В раннем рифе заложение глобального эпиплатформенного рифта со сдвигом (R_2-V) по краевым диагоналями и раздвигом в его центральной части с заполнением последнего субщелочными базальтоидами и расслоенными габброавми массивами с Ti-магнетитовым оруденением (1-ый существенный вклад в интегральную поперечную металлогеническую зональность Урала).

2-ой этап – развитие собственно Уральского подвижного пояса. В терминах тектоники плит – океан (O_2) типа Красноморского, и обдукция океанической коры (O_3-S_2) с превращением ее в серпентиниты с широким развитием процессов перераспределения первично-мантийного рассеянного ресурса Cr в безкорневые трещинные залежи хромитов в сдвиговых зонах на севере (Рай-Из) и на юге (Кемпирсай). В это же время на Среднем Урале (~440 млн.л.) формируются дунит-клинопироксенит-габбровые массивы Платиноносного пояса с платиновой минерализацией и вулканиты Тагильской зоны (по механизму надсубдукционного трога) с Cu-колчеданными месторождениями (Левиха, Тарньер, Шемур и др.) и чуть позже – скарново-магнетитовые месторождения (типа горы Высокой). В завершающую стадию (S_3-D_2) в южной части Урала закладывается Магнитогорская зона с крупными Cu-Zn-колчеданными (Гай) и скарново-магнетитовыми месторождениями. Таким образом, следующим существенным вкладом в интегральную поперечную металлогеническую зональность Урала является формирование 2-х разновременные дуг: более ранней - Тагильской, (O_3-S_2) от широты 64^0 тянется через весь Центральный сегмент и переходит в Полярный сегмент и второй дуги (S_3-D_2) – Магнитогорской; она целиком слагает только южный сегмент и на траверзе широты 64^0 уходит на восток по чехол Зап. Сибири.

Предлагаемая нами рифтогенно-сдвиговая модель Урала хорошо объясняет наблюдаемые неоднородности размещения типично уральских месторождений Fe, Cr, Cu, Zn, Au, Pt и РМ и, что особенно важно – различным их ресурсным потенциалом в каждом из рассматриваемых нами сегментов.

АБИССАЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫЕ КОНКРЕЦИИ: ГЕОЛОГИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Кругляков В.В., Лыгина Т.И., Юбко В.М.

ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», lyginat@ymg.ru

Тихоокеанская провинция Кларин-Клиппертон является наиболее изученной из всех конкрециеносных провинций Мирового океана. Значительный вклад в изучение геологии и рудоносности этого региона внесли российские (советские) исследования, в том числе работы ГНЦ ФГУГП «Южморгеология». Результаты многолетних комплексных геолого-геофизических исследований позволили детально изучить структуру глубоководных месторождений железомарганцевых конкреций и создать геологическую модель месторождения.

Принципиальная модель конкреционного месторождения является единой для всей площади рудной провинции Кларин-Клиппертон. Модель включает структурные, геоморфологические, стратиграфические, литологические и геохимические характеристики морского дна. В общем случае месторождение ЖМК представляет собой двухмерную систему линейных рудных тел, вытянутых в субмеридиональном направлении. Региональный план и возраст коренного ложа не являются контролирующими факторами для формирования месторождения в целом и его структуры в частности. Особенности морфологии и размеры индивидуальных рудных скоплений определяются структурой коренного ложа и характером донного рельефа на локальном уровне. Контролирующим фактором являются также литологические особенности поверхностных осадков. Выделены и изучены три основных морфологических типа залежей: ленточный, струйчатый и плащеобразный. Выявлены закономерности размещения рудных образований различных фациальных типов в связи с вулканогенным типом рельефа.

В процессе изучения конкреционного оруденения сделан ряд открытий в геологии провинции: установлен региональный характер среднемиоценового структурного и стратиграфического несогласия между основными осадочными комплексами карбонатного и глинистого состава, выявлен комплекс линейных субвулканических тел и вулканических построек центрального типа, формирование которого связывается с одним из этапов проявления внутриплитной активности на границе эоцена и олигоцена, обнаружено широкое развитие депрессионных воронкообразных структур, пространственно и генетически связанных с установленными субвулканическими телами.

В то же время, несмотря на весьма значительную продолжительность изучения глубоководных железомарганцевых конкреционных руд, основные вопросы, связанные с генезисом этих образований, остаются дискуссионными. К этому разряду относятся проблемы источников рудного вещества, механизма конкрециеобразования, скорости рудонакопления и возраста самих конкреционных образований.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАРГАНЦА: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ЭВОЛЮЦИЯ РУДОГЕНЕЗА В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Кулешов В.Н.

ГИН РАН, kuleshov@ginras.ru

Имеющийся обширный литературный и фактический материал позволяет типизировать известные месторождения марганца. В генетическом аспекте выделяются осадочно-диагенетические, гидротермально-осадочные, эпигенетические (катагенетические) и кор выветривания. Для каждой из этих групп приводятся генетические модели формирования конкретных месторождений.

Выявленные закономерности формирования марганцевых пород и руд позволяет считать, что первичная концентрация марганца до размеров месторождений в большинстве случаев происходит на разных стадиях литогенеза - начиная от седиментационно-диагенетической (седиментогенез и ранний диагенез) и продолжаясь на последующих этапах преобразования осадочной или вулканогенно-осадочной породы (разные типы диагенеза и катагенеза, конкрециеобразование). Большое влияние на концентрацию марганца в этих условиях оказывала общая исходная биопродуктивность палеоводоемов (содержание органического вещества и продуктов их разложения в породе).

Распределение месторождений марганца во времени (геологическом) и пространстве (в пределах материков; начиная с первых консолидированных блоков архея и до современного их состояния) позволяет констатировать, что марганценакопление происходило в осадочно-породных бассейнах с разным режимом седиментации, в разных палеотектонических и палеоклиматических обстановках, приурочены к разрезам осадочных (терригенно-, хемогенно- и биогенно-) и вулканогенно-осадочных пород.

На ранних этапах становления земной коры (архейских период) марганец в породах накапливался преимущественно в рассеянной форме; значительных скоплений марганца в породах этого возраста сегодня пока не обнаружены. Промышленно значимые скопления марганцевых руд вторичны, представлены корами выветривания по марганецсодержащим породам и бедным марганцевым рудам (метаморфизованным).

Это же в целом относится и к месторождениям протерозойского марганцеворудного периода, который в металлогеническом аспекте является основным (особенно раннепротерозойская эпоха). В это время в основном накапливались марганецсодержащие породы (углеродистые глинистые, кремнисто-железистые сланцы и др.), которые послужили материнскими для многих крупных месторождений кор выветривания. Источником марганца служили в основном продукты разрушения пород архея.

Отдельно стоит в этом ряду крупнейшее месторождение-гигант - марганцево-рудное поля Калахари (ЮАР), в пределах которого заключено более половины ресурсов и запасов марганцевых руд, известных сегодня в пределах континентов. Его генезис до сих пор не до конца ясен. Имеющиеся данные позволяют заключить о его постседиментационном, метасоматическом происхождении.

В фанерозойский марганцеворудный период условия накопления марганца существенно меняются. В мелководных прибрежных зонах многих водоемов формируются залежи первичных оксидно-марганцевых, а в осадках более глубоководных областей бассейнов – первичных карбонатных марганцевых руд. В областях с активными проявлениями вулканической и гидротермальной деятельности во многих бассейнах были образованы преимущественно железо-марганцевые месторождения.

Наиболее ценные в промышленном отношении месторождения марганца сегодня представлены месторождениями древних и современных кор выветривания (зона гипергенеза), и прежде всего, приэкваториальных областей стран Южной Америки и Африки, а также Австралии и Индии.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ НЕДР

Лось В.Л.

АМР РК, Алматы, Казахстан, v_los@mail.ru

Теоретико-методологической основой оценки недр на рудные полезные ископаемые является металлогения, которая после своего зарождения примерно 100 лет назад активно дифференцировалась и специализировалась. К сожалению, в настоящее время металлогения в основном продолжает оставаться наукой эмпирической и относительной. Чтобы стать надежной основой оценки недр на рудные полезные ископаемые необходимо:

- преобразовать металлогению в физически и математически обоснованное, прогностически ориентированное научное направление;
- перейти к единой металлогении, как к разделу геологии о распределении, перераспределении, дифференциации и ассоциации элементов в земной коре;
- сосредоточить внимание на изучении и моделировании механизмов мобилизации, переноса и накопления рудного вещества.

Продвижение в направлении решения этих проблем требует последовательных аксиоматизации, методологизации, формализации и компьютеризации (Воронин, 1988). В качестве исходной аксиомы металлогении можно принять положение о том, что рудные месторождения появляются не в результате случайного сочетания факторов, а органически присущи земной коре и протекающим в ней процессам перераспределения элементов. Базовой моделью металлогении будет простая и содержательно прозрачная схема перераспределения элементов (Смирнов, 1963; Кривцов, 1985). При этом целый ряд фактов (повсеместная встречаемость месторождений, их приуроченность к формациям обогащенных соответствующими элементами (Бадалов, 1999), тесная пространственная ассоциация зон пониженных и повышенных концентраций рудных элементов) почти однозначно свидетельствуют о перераспределении элементов «на месте» (Лось, Усманов, Гольдберг и др., 2008).

Методология металлогенических исследований должна, вероятно, основываться на принципах изучения сложных открытых систем с самоорганизацией, что предполагает автономизацию таких систем, отказ от жестких детерминированных и чисто вероятностных подходов к интерпретации, внимание к нелинейным зависимостям и осторожное отношение к «доминантным» факторам. Из базовой модели и следствий самоорганизации металлогенических систем следует, что наиболее простыми, фундаментальными характеристиками геологической среды для целей оценки недр являются концентрации химических элементов. И именно на них рациональнее всего строить технологии оценки недр на рудные полезные ископаемые. Для обработки этих данных требуется развитый математический аппарат, включающий методы структурного статистического и геостатистического анализов, построения аппроксимационных моделей с регулируемой степенью генерализации (гладких и дискретных), нелинейного корреляционного анализа, кластеризации слаборазличающихся данных, построения многомерных нелинейных зависимостей. Для реализации этих методов нами разработан программный комплекс ELAN, который использовался в процессе прогнозно-поисковых работ и моделирования рудных объектов (Лось, Усманов, Гольдберг и др., 2008).

Литература

Воронин Ю.А. Компьютеризация описательных наук. Анализ применения ЭВМ в геологоразведке // Взаимодействие наук на фактор их развития. Новосибирск.: Наука. 1988. С. 120-129.

Смирнов В.И. Очерки металлогении. М.: Гостехиздат. 1963.

Кривцов А.И. Прикладная металлогения. М.: Наука. 1989. 288 с.

Бадалов С.Т. Геохимические особенности рудообразующих систем. Ташкент. 1999. С. 143.

Лось В.Л., Усманов Ф.А., Гольдберг И.С., Горяева В.С. и др. Прогноз, поиски и моделирование рудных объектов // Комплексная переработка минерального сырья. Состояние, проблемы, решения. Алматы. 2008. Т. 1а. 466 с.

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОСНОВНЫХ И СОПУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Лось В.Л., Горяева В.С., Легонькин В.С., Самохвалова О.В.

АМР РК, Алматы, Казахстан, v_los@mail.ru

Рудные месторождения, представляющие собой области повышенных концентраций элементов, являются специфическими устойчивыми образованиями геологической среды. При этом концентрации элементов (основных и сопутствующих) являются фундаментальными характеристиками месторождений, определяющими сам факт их существования. Была сформирована информационная база данных по средним концентрациям 20 элементов (Pb, Zn, Cu, Au, Ag, Mo, W, Te, Se, Bi, As, Sb, Ga, Ge, Cd, Re, Ni, Co, In, Be) в 158 средних и крупных месторождениях цинка, свинца, меди, золота, молибдена и вольфрама Казахстана, России, Узбекистана, Австралии и других стран.

Корреляционным анализом выделено 5 основных геохимических ассоциаций: **A** – Zn, Pb, Ag, Cd, Cu 1; **B** – Au, As, Sb; **C** – Se, Te, Bi; **D** – Mo 1, W, Re, Be; **E** – Cu 2, Mo 2 (скрытая ассоциация).

Ассоциации A и B, A и C, A и E имеют тенденцию к объединению; ассоциации B и C, C и D независимы; ассоциации A и D, C и D – антагонисты.

Кластеризация рудных объектов по концентрациям элементов в содержательном (геологическом) аспекте является операцией извлечения знаний из неклассифицированных первичных данных. В последние годы эффективное решение задачи кластеризации слабо структурированных многомерных данных реализуется с помощью самоорганизующихся карт Кохонена (Kohonen, 2001; Лось, Легонькин, 2008).

Было выделено шесть устойчивых классов месторождений, которые различаются по проявлению в них геохимических ассоциаций A, B, C, D, E (Таблица).

Интенсивность проявления геохимических ассоциаций	классы месторождений					
	1	2	3	4	5	6
доминирует	A, B, C, E	A, B	E	B, C	B	D
проявлена		E	B, C, D			C
проявлена слабо или не проявлена	D	C, D	A	A, D, E	A, C, D, E	A, B, E

Типичными для выделения классов являются следующие месторождения: **Класс 1** – Тишинское, Зыряновское, Карагайлы, Холоднинское (Россия); **Класс 2** – Миргалымсай, Шалкия, Озерное, Бу-Дука, (Броккен-Хилл); **Класс 3** – Бозшаколь, Нурказган, Кальмакыр, Актогай; **Класс 4** – Чармитан, Бестюбе, Акбакай, Мурунтау, Натальевское; **Класс 5** – Бакырчик, Майское (Россия), Карлин, Даугызтау; **Класс 6** – Южно-Шамейское, Караоба, Верхнее Кайракты, Тырныауз.

К сожалению, в настоящее время многие особенности распределения средних концентраций элементов в месторождениях не ясны. Мы практически не знаем, какие причины, в каких условиях и с помощью каких механизмов формируются рудные геохимические ассоциации элементов; как ассоциации объединяются в одних объектах и расщепляются в других и т.д. Тем не менее, намеченные уровни средних концентраций элементов в месторождениях, выделенные с помощью корреляционного анализа, геохимические рудные ассоциации A, B, C, D, E и, главное, полученная классификация рудных объектов по концентрациям основных и сопутствующих компонентов позволяет формировать модели-эталонные 3-4 поколений (Лось, Легонькин, 2008) для прогнозно-поисковых работ. Акцент на концентрации рудных и сопутствующих компонентов (с учетом, естественно, и других особенностей геологической среды) при формировании моделей-эталонных особенно важен при

использовании в качестве прогнозных характеристик полей концентрации широкого круга элементов.

По нашему мнению, именно использование фундаментальных и имеющих непосредственную связь с рудообразованием характеристик геологической среды (полей концентрации элементов) наиболее перспективное и продуктивное направление прогноза и поисков скрытых рудных объектов.

Литература

Kohonen T. Self-Organizing Maps. Springer Series in information sciences. Springer-Verlag. 2001. Vol. 30. 3-rd edition. 501 p.

Лось В.Л., Легонькин В.С. Математизация и компьютеризация оценки недр. Программный комплекс ELAN // Геология и охрана недр. 2008. 3 (28). С. 61-66.

МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОБАЛЬТОНОСНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД КОРКОВОГО ТИПА, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ

Мельников М.Е., Юбко В.М., Хулапова Т.М., Седышева Т.Е.

ГНЦ ФГУПП «Южморгеология», Геленджик, Россия, melnikov@ymg.ru

Кобальтоносное железомарганцевое оруденение подводных гор и возвышенностей Мирового океана представлено корками и конкрециями. Корки являют собой сплошные покровы гидроксидов железа и марганца, облегающие коренные породы, обнаженные на склонах или вершинных поверхностях. Конкреции залегают на пологих участках совместно с корками или в зонах развития неконсолидированных осадков.

В общем случае месторождение кобальтоносных железомарганцевых корок локализовано в пределах одиночной подводной горы и характеризуется концентрически-зональным строением. Центром зональности является обширная безрудная зона, приуроченная к участку развития неконсолидированных карбонатных осадков в центре плато. Периферические поверхности свободны от осадков, и коренные породы здесь покрыты сплошными покровами корок, нередко в различной степени присыпанными рыхлыми осадками. Наиболее крутые участки склонов ниже бровки плато покрыты сходными непрерывными покровами, но свободными от осадков. Обычно две этих зоны образуют сплошное корковое кольцо, окружающее безрудный центр. Глубже кольца развития сплошных покровов, вниз по склону, чередуются узкие лентовидные участки, характеризующиеся различными условиями локализации и параметрами оруденения.

Эти зоны приурочены к единым батиметрическим интервалам в сходных геоморфологических условиях. Различаются зоны степенью нарушенности корковых покровов, степенью присыпанности корок рыхлыми осадками, степенью расчлененности мезорельефа поверхностей корок, наличием и видами конкреционных образований. Изменяются также мощность (толщина) корок, их плотность и влажность. В общем случае вниз по склону увеличиваются степень нарушенности покровов корок, степень присыпанности их осадками, количество конкреций. В целом уменьшаются также мощности корок, их влажность, возрастает плотность.

Мощности корок в целом по месторождению изменяются в широких пределах от 1 см и менее до 15 – 20 см. В единичных случаях зафиксированы значения до 40 см. Корки имеют слоистую текстуру и в разрезе содержат от 1 до 4 – 5 слоев. Благодаря биостратиграфическим методам датирования, удалось определить возраст отдельных слоев. Начало формирования корок можно отнести к концу позднего мела, однако основная часть разреза сформирована начиная с позднего палеоцена. Облик, строение, особенности вещественного состава и возраст слоев выдержаны на огромных пространствах – по крайней мере, от Марианской островодужной системы на западе до поднятия Маршалла – Гилберта на востоке и от северной части поднятия Маркус-Уэйк до южной части поднятия Маршалловых островов. От подошвы к кровле залегают слои позднепалеоценового – раннеэоценового, средне-позднеэоценового, миоценового и плиоцен-четвертичного возрастов. Перерывы между процессом формирования различных слоев достигали несколько миллионов лет. Эти перерывы могут быть связаны как с трансгрессивно-регрессивными циклами, так и с прямым влиянием вулканотектонических активизаций.

Подобные принципиальные особенности строения руд дают основание полагать, что основными факторами формирования рассматриваемых месторождений являются: 1 – длительность процесса рудоотложения, 2 – частота и интенсивность вулканотектонических активизаций в течении этого периода.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ПРИ ПОИСКАХ И ОСВОЕНИИ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Ожогина Е.Г., Рогожин А.А.

ФГУП «ВИМС», Москва, Россия vims-ozhogina@mail.ru

Проблема удовлетворения постоянно растущих потребностей отечественной промышленности во многих видах минерального сырья связана с истощением запасов богатых руд. Минерально-сырьевая база по ряду дефицитных полезных ископаемых, в том числе руд черных, легирующих, цветных, редких, благородных металлов, в основном представлена технологически сложными низкокачественными комплексными рудами, переработка которых сопряжена с накоплением большого количества отходов, негативно влияющих на окружающую среду. Очевидно, что перспективы развития минерально-сырьевой базы в ближайшем будущем следует связывать с некондиционными, труднообогатимыми рудами, в том числе и техногенного происхождения. Поэтому необходима достаточно надежная и всесторонняя исходная информация об ожидаемых масштабах и ценности минерально-сырьевого объекта уже на ранних стадиях геологоразведочных работ. Решить проблему можно только путем привлечения в геологоразведочный процесс новых технологий, позволяющих прогнозировать, выявлять и с высокой достоверностью оценивать рудопроявления и месторождения. Основным звеном таких технологий в последние годы уверенно становится комплекс современных методов технологической минералогии.

Технологическая минералогия объединяет все виды минералогических исследований, связанных с изучением зависимости технологических свойств минералов от их состава и строения, поведения минералов в технологических процессах, направленного изменения свойств минералов с целью их разделения и обогащения.

Круг задач, решаемых в профиле технологической минералогии весьма обширен. Это определение качественных характеристик руд месторождения – их вещественного состава, выдержанности качества оруденения в геологических контурах объекта, ожидаемых технологических показателей при переделе сырья, направленного изменения технологических свойств руд и т.д.

Главная задача технологической минералогии - оценка технологических свойств минерального сырья на разных стадиях геологического изучения и освоения месторождений полезных ископаемых. Технологическая оценка полезных ископаемых позволяет прогнозировать экономически обоснованную целесообразность вовлечения сырья в переработку на современном этапе развития технологий, способы и методы его передела, контролировать эффективность перерабатывающего производства и управления им, предопределять экологические последствия переработки и природоохранные мероприятия.

Минералогические исследования марганцевых, железных, железо-марганцевых, хромовых, титано-железных, титано-циркониевых, редкометалльных и других руд на ранних стадиях ГРР и при их геолого-экономической переоценке, включающие определение минерального и химического состава, морфоструктурных характеристик, изучение раскрываемости рудных минералов и их технологических свойств, позволяют оценивать качество ожидаемых продуктов, рекомендовать наиболее эффективные методы рудоподготовки и передела руд, прогнозировать их поведение в последующих технологических процессах, что способствовало созданию эффективных технологий их передела.

МИНЕРАГЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Печенкин И.Г.

ФГУП «ВИМС», Москва, Россия, vims-pechenkin@mail.ru

Потенциал рудоносности артезианских бассейнов, приуроченных к платформенному чехлу Центральной Азии, определяется интенсивностью преобразования пород (в зависимости от их положения в коллизионных структурах) и возможностью последующего перехода полезных компонентов в газожидкий флюид с перемещением к участкам газо- и нефтелокализации, а в дальнейшем, уже в растворах, к областям рудообразования. Ведущая роль в этом движении принадлежит эксфильтрационному, инфильтрационному или гетерогенному гидродинамическим режимам, наличие и проявленность которых зависит от положения артезианских бассейнов в крупных геотектонических блоках на разных стадиях их развития.

Переход полезных компонентов в раствор тесно связан со степенью стадийного преобразования пород. Этот процесс необратим и происходит в определенной последовательности. На полноту стадийных эпигенетических изменений и их скорость влияет ряд факторов, среди которых можно выделить, такие как: глубина погружения пород, возрастающее при этом горное давление, прогретость недр и их стрессовые преобразования в следствии орогенезации.

В результате восходящих тектонических движений закрытые гидродинамические системы, в пределах которых шли процессы, связанные со стадийным эпигенезом, постепенно становятся открытыми. Их раскрытие сопровождается стремлением пластовых вод и углеводородов к очагам разгрузки (компрессионный механизм). В результате происходят необратимые процессы с газожидким флюидом с постепенным разрушением сформированной ранее единой многокомпонентной системы. Полная декомпрессия в коллекторах создает возможность для инфильтрации пластовых вод. Эти процессы ведут к началу наложенных эпигенетических преобразований.

Накопление потенциальной рудообразующей энергии при стадийных изменениях резко возрастает при орогенезе, а затем частично реализуется на начальной стадии наложенного эпигенеза при декомпрессии в коллекторах. Это происходит пульсационно и зависит от степени орогенезации территории. Данные процессы влияют на формирование и движение газожидкого флюида, который и является основным поставщиком рудных и нерудных полезных компонентов к местам их локализации.

В результате последовательных преобразований в пределах осадочного чехла платформ Центральной Азии формируются и действуют три взаимосвязанные рудообразующие системы, которые объединяют все гидрогенные месторождения региона. Первая – стадийная (катагенетическая), является основной нефтегазогенерирующей и подготовительной для второй – эксфильтрационной. Вторая – ведущая при образовании месторождений рудных (Pb, Zn, Mo, As, Mn и др.) и нерудных (барит, целестин, флюорит, сера и др.) полезных ископаемых. Она так же служит дополнительным источником ряда других элементов (TR, Se, Re, V, и др.) и восстановителей, роль которых проявляется с началом “работы” третьей – инфильтрационной системы. Последняя рудообразующая система главенствует при формировании полиминеральных урановых руд. Совокупность процессов рудообразования, как во времени, так и в пространстве определяет минерагеническую специализацию отдельных крупных геологических блоков изученной территории.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ РАССЛОЕННОГО ПЛУТОНА УИЛЛИНГ (ГОРЫ ПРИНС-ЧАРЛЬЗ, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

Погорельский А.И., Гонжуров Н.А., Лунев П.И.

ФГУ НПП «Полярная морская геологоразведочная экспедиция»,
Санкт-Петербург – Ломоносов antarctida@polarex.spb.ru

Массив Уиллинг расположен в центральной части гор Принс-Чарльз Восточной Антарктиды, имеет площадь около 35 км². Он делится на два примерно равных по площади блока. Породы, слагающие западный блок, представлены в различной степени метаморфизованными интрузивными ортопородами, относящиеся к Фишерскому комплексу. Восточный блок слагает сам расслоенный плутон габброидов. Истинная мощность его обнаженной части не менее 3135 м. Плутон по составу пород и характеру расслоенности подразделен на 3 серии.

Нижняя серия (мощность около 1020 м) сложена, главным образом, габброноритами. В меньшей мере представлены габбро, нориты, оливинсодержащие габбронориты и габбро, габброанортозиты, также в низах серии обнаружен слой перидотитов. Расслоенность нижней серии характеризуется нечетко выраженными ритмами, крайними членами которых являются оливинсодержащие габброиды (реже троктолиты) в подошве ритма и лейкократовые габброиды (до габброанортозитов) в его кровле.

Средняя серия (855 м) характеризуется большей степенью расслоенности по сравнению с нижней. В выделенных ритмах состав габброидов меняется от троктолитов к габброанортозитам и анортозитам.

Верхняя серия (1260 м) сложена чередованием слоев габброноритов, феррогабброноритов и феррогаббро. Характеризуется высокими содержаниями магнетита, ильменита и апатита. Ритмы в строении верхней серии не обнаружены.

В габброидах плутона Уиллинг выделено два типа оруденения. Наиболее распространенным является, вкрапленное и прожилково-вкрапленное магнетитовое и ильменит-магнетитовое оруденение, наиболее характерное для высокомагнитных габброноритов (феррогабброноритов), преимущественно распространенных в западной части интрузии. Рудные минералы образуют равномерно распределенную по всей толщине пород тонкую вкрапленность с содержанием от 7 до 10% и тонкие ветвящиеся прожилки. Прожилки, как правило, сосредоточены в зонах контакта феррогабброноритов с габброанортозитами и габбродиоритами.

Вторым типом является вкрапленное и прожилково-вкрапленное локальное распространенное сульфидно-магнетитовое оруденение, как правило, сосредоточенное в зонах расслоенности и приконтактных изменений габброидов в виде линейных зон шириной около 0,5-1,0 м.

По составу, характеру распределения и расслоенности габброидов плутон Уиллинг близко соответствует центральной части расслоенного Стиллиуотерского массива.

Литература

Лайба А.А., Михальский Е.В. Габброиды массива Уиллинг, Восточная Антарктида: расслоенная интрузия в протерозойском подвижном поясе, геологическое строение и вещественный состав. – Петрология, том 7, № 1, 1999. С. 35-57.

Додин Д.А., Чернышев Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. – СПб.: Наука, 2000. – 755 с.

РУДОНОСНЫЕ ИНТРУЗИИ ПЕЧЕНГСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ – ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ

Смолюкин В.Ф.

ИГМ РАН, г. Москва, Россия, ysmolkin@sgm.ru

Рудоносные интрузии Печенгского рудного поля (северо-запад Мурманской области) представляют собой уникальные объекты для изучения процессов сульфидного рудообразования. Они пространственно приурочены к черносланцевым толщам, перекрываясь покровами и потоками вулканитов толеит-базальтового состава Северо-Печенгской зоны. Их внедрение приурочено к этапу максимального раскрытия Печенгско-Варзугской палеорифтовой системы в палеопротерозое.

Рудоносные интрузии являются частью вулcano-плутонической ассоциации (ВПА), связанной своим происхождением с мантийным плюмовым магматизмом в раннем докембрии (около 2,0 млрд. лет). ВПА включает в себя рудоносные и безрудные интрузии серпентинитов (метаморфизованных верлитов), пироксенитов и габбро, вулканические и субвулканические образования ферропикритового состава (массивные и шаровые лавы, расслоенные потоки, туфы и лавобрекчии, силлы), дайковые серии ферропикритов, перидотитов и оливиновых габбро. Все фации ферропикритового магматизма объединяет сходство первично-минерального состава (оливин-хризолит, титаноавгит, керсутит, титанохромит, титаномагнетит), геохимических и изотопно-геохимических особенностей пород и минералов (аномально высокая железистость, повышенное содержание титана, фосфора и легких редких земель; первичные отношения $\epsilon_{Nd} = +1,6 \pm 0,4$; $^{187}Os/^{186}Os = 0,935 \pm 0,031$), а также силикатная ликвация. Процессы силикатной ликвации детально изучены в расслоенных потоках, где она наиболее полно сохранилась. Состав первичной магмы, реконструированный по составу зон закалок, отвечал ферропикриту, его генерация происходила за счет плавления метасоматизированной мантии.

На основании изучения Sm-Nd, Re-Os и U-Pb систем установлено время формирования интрузий и вулканитов в пределах 1990-1980 млн. лет. Завершает ферропикритовый магматизм нясюкский комплекс субпараллельных крупных даек с U-Pb возрастом циркона 1941 ± 3 млн. лет, внедрение которого произошло уже в пределы архейского фундамента, после закрытия печенгского бассейна. Позднее был сформирован рудоносный аллареченский комплекс высокожелезистых оливинит-гарцбургитов с возрастом циркона 1918 ± 29 млн. лет. Расположенный в межкупольном пространстве в Южно-Печенгской зоне, он представляет собою более глубинную фацию по сравнению с печенгским комплексом.

Внедрение интрузий происходило многократно на фоне снижения вулканической активности. Установлено возрастание их рудного потенциала от ранней к более поздней группе. Значительную роль в сульфидном рудообразовании играли процессы контаминации ферропикритовыми магмами пород архейского фундамента и вмещающих сланцев, обогащенных сульфидно-углеродистым веществом. Формирование сульфидных руд происходило в глубинных промежуточных очагах и интрузивных камерах. При охлаждении и кристаллизации силикатных магм сульфидные расплавы частично выжимались в трещины, расположенные как в пределах интрузий, так и во вмещающих породах. Сульфиды в условиях наложенного зеленосланцевого метаморфизма (1760-1700 млн. лет) частично были переотложены с изменением состава фаз (обогащение пирротина кобальтом и др.).

Литература

Горбунов Г.И., Смолюкин В.Ф., Астафьев Ю.А.. Печенгское рудное поле // Медно-никелевые месторождения Печенги. М.: ГЕОС. 1999. С. 40-68.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ВЕРХНЕ-ИНДИГИРСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (СЕВЕРО-ВОСТОК ЯКУТИИ)

Соловьев Е.Э.¹, Фридовский В.Ю.¹

¹ ГОУ ВПО Якутский государственный университет им. М.К. Амосова,
fridovsky@sitc.ru

Верхне-Индигирская тектоническая зона представляет якутскую ветвь Главного золотоносного пояса северо-востока России - одного из крупнейших в мире по ресурсам золота. Зона расположена в области интерференции динамических напряжений Колымо-Омолонского микроконтинента, Охотского террейна и окраинных структур палеотихого океана, с чем связано сложное тектоническое строение региона.

Структура гравиметрического поля Δg обусловлена особенностями геологического строения региона – положением кристаллического фундамента, развитием крупных магматических образований и протяженных разрывных структур. Разрывные структуры в гравиметрическом поле выделяются по косвенным признакам – линейно-вытянутым аномалиям и нарушениям их регулярности. Гранитоидные массивы ($2,59 \text{ г/см}^3$), имеющие дефицит плотности по отношению к вмещающим породам ($2,66\text{-}2,67 \text{ г/см}^3$), отмечаются пониженными значениями поля Δg . В северо-западной части района наблюдается зона градиентных значений поля силы тяжести. Она отвечает широкой до 7-8 км разуплотненной структуре северо-восточного простирания, разделяющей территорию на два сегмента с различным строением.

Простирание аномалий магнитного поля преимущественно северо-западное. Наблюдаются две системы линейных магнитных аномалий положительного знака. Первая – северо-западной ориентировки отвечает зоне Адыча-Тарынского разлома. Вторая система выделена севернее, параллельно первой, имеет более сложное строение и состоит из локальных аномалий различной протяженности и интенсивности. По расчетам двумерной автокорреляционной функции установлено, что основное простирание аномалий геофизических полей центральной части Верхне-Индигирской тектонической зоны – запад-северо-западное и север-северо-восточное. На схеме локальной составляющей гравиметрического поля территории минимальными значениями характеризуются разломы и нескрытые гранитоидные массивы. Установлено изменение ориентировки локальных аномалий до северо-восточного в среднем течении р. Эльги. Мугурдах-Селериканский разлом прослеживается по линейно-вытянутым в северо-западном направлении локальным аномалиям отрицательного знака $\Delta g_{\text{лок}}$. По смещению осей отрицательных аномалий предполагается развитие разрывных структур северо-восточного простирания. На схеме региональной составляющей гравиметрического поля района выделяется блок повышенных значений $\Delta g_{\text{рег}}$ сложного строения, отражающий поднятие кристаллического фундамента в центральной части Верхне-Индигирской тектонической зоны. Расчет оценок дисперсии потенциальных полей позволил выделить в трансформированных полях известные и предполагаемые разрывные структуры. В результате корреляционного зондирования определены положение границы осадочный чехол – кристаллический фундамент, а так же подъем к востоку кристаллического фундамента. Мощность осадочных пород по данным корреляционного зондирования изменяется от 9 до 16 км.

Установленные по геофизическим данным особенности строения Верхне-Индигирской тектонической зоны позволяют уточнить закономерности размещения золотого оруденения и направления поисковых работ.

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

Сорохтин Н.О.¹, Козлов Н.Е.²

^{1,2}ГИ Кольского НЦ РАН, Анамуты, Россия, ¹sorokhtin@geoksc.apatity.ru

²kozlov@geoksc.apatity.ru

В процессе эволюции Баренцево-Карского региона, в его пределах можно выделить четыре возрастных интервала нефтегазообразования, которые закономерно распределены в пространстве и отражают специфику развития континентальной коры и океанических бассейнов региона. К наиболее ранним потенциально нефтегазоносным образованиям следует относить структурно-вещественные комплексы рифея и венда, которые развиты в зоне сочленения Русской плиты с Тимано-Печорской и Баренцевоморской литосферными плитами, маркирующими пассивную окраину континента того времени. Позже возникли потенциально нефтегазоносные площади, которые были сформированы в результате закрытия океана Япетус в раннем ордовике - позднем девоне (505-362 млн. лет) и локализованы в западной части Баренцевоморской плиты, а также к северу от каледонид Балтийского щита. Еще позже, в результате закрытия Палеоуральского океана в раннепермское - раннетриасовое время (290-241 млн. лет) были сформированы нефтегазоносные области к западу и востоку от Уральской складчатой системы по линии Полярный Урал - Пай-Хой – Новая Земля – п-ов Таймыр. Четвертый и завершающий этап формирования нефтегазового потенциала региона связан с зоной накопления углеводородов биогенного и абиогенного (газогидратного) типов в основании материкового склона на пассивной окраине континента в кайнозойе при раскрытии Северного Ледовитого океана (55-0 млн. лет). Все перечисленные этапы генерации и накопления УВ в осадочном чехле континентальной коры европейской части арктического шельфа России привели к возникновению ряда крупных нефтегазоносных провинций с гигантским совокупным потенциалом. При этом, первый и четвертый этапы нефтегазогенерации связаны с условиями развития пассивной окраины континента, тогда как второй и третий, с субдукционными, а в последствии и с коллизионными процессами.

Наряду с уже выявленными и частично разведанными крупными и уникальными месторождениями нефти и газа в пределах Баренцево-Северо-Карской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций, можно выделить, по крайней мере, три потенциально богатые углеводородным сырьем и недостаточно исследованные области, которые при обнаружении в них промышленно значимых скоплений могут существенно прирастить нефтегазовый потенциал всего региона. Первая из них находится на северной оконечности Мурманской области в пределах п-ова Рыбачий и в непосредственной близости от областного центра. Она приурочена к осадочным образованиям рифейского возраста, относящимся к пассивной окраине континента того времени. Близость к инфраструктуре крупного промышленного центра Мурманской области может существенно снизить затраты на проведение детальных поисков и бурения скважин в пределах этого участка. Второй перспективной площадью является территория архипелага Земля Франца-Иосифа, которая характеризуется глубоким (5-6 км) заложением богатых нефтематеринских слоев позднедевон-раннепермского возраста осадочного чехла Баренцевоморского шельфа. Не смотря на удаленность от континентального побережья, их вскрытие не сопряжено с глубоководным бурением, осуществляемым со специализированных платформ, что также может быть целесообразным в сложившихся экономических условиях. Третьей перспективной в плане обнаружения крупных и, возможно, уникальных месторождений нефти и газа областей является Северо-Карский шельф. Проведенный геодинамический анализ

показал, что данная территория может по запасам оказаться сопоставимой с Южно-Карским и Ямальским сегментом Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Однако этот регион не только существенно удален от промышленно развитых центров севера России, но и характеризуется очень сложными ледовыми условиями. По-видимому, время его освоения отодвинется на достаточно длительный срок до тех пор, пока не будут внедрены технологии подводного бурения и эксплуатации месторождений нефти и газа непосредственно на морском дне. В связи с экономической целесообразностью, вопросы обнаружения месторождений УВ в западной и северной части российской Арктики, к которым относятся территории Кольского региона, архипелага Земля Франца-Иосифа и их прибрежных зон становятся наиболее актуальными.

Данные исследования являются первым результатом работы по Программе Президиума РАН 14 проект № 1.3.4.

ЭНДОГЕННЫЙ И ЭКЗОГЕННЫЙ РУДОГЕНЕЗ И ЕГО ЭВОЛЮЦИЯ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Старостин В.И., Япаскурт О.В., Сакия Д.Р.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, dibras@geol.msu.ru, star@geol.msu.ru

Опираясь на теоретические разработки Д.В. Рундквиста В.Е. Хаина, О.Г. Сорохтина, А.А. Сидорова и других исследователей и с учетом тектоники литосферных плит в истории нашей планеты можно выделить пять основных металлогенических периода (в млрд. л.): 1) тонких литосферных плит (3,8-3,0); 2) высокой тектонической активности, появление мощной континентальной коры и ядра земли (3,0-2,7); 3) возникновения первых суперконтинентов и начала функционирования механизма тектоники литосферных плит (2,7 - 1,8), 4) многократной переработки земной коры (1,8 -0,54); 5) корово-мантийной дифференциации и циклического функционирования механизма тектоники литосферных плит (0,54 -0,0). В геоисторической металлогении намечаются два важных рубежа - 3,8 и 2,5 млрд. л. С первым связано появление магматических и гидротермальных (колчеданных) месторождений базальтоидной серии и метаморфогенных пегматитов. Второй рубеж маркирует начало образования гранитоидных месторождений: альбититовых, грейзеновых, скарновых и гидротермальных.

Первый мощный всплеск рудообразования произошел в раннем протерозое, В это время возникли коллизионные линейные системы: шовные, гранулитогнейсовые и гранито-купольные. Во внутренних областях, возникших первых суперконтинентов Моногеи и Мегагеи, образовывались эпиконтинентальные осадочные бассейны и континентальные рифты. В осадочных бассейнах формировались: 1) золото-урановые провинции в кварцевых конгломератах (Витватерсранд), 2) урановые руды в зонах стратиграфического несогласия (Пайн-Крик) и 3) стратиформные Cu-Pb-Zn сульфидные месторождения в карбонатно-терригенных формациях. В континентальных рифтах возникли уникальные Cu-Ni-Pt-Cr руды в расслоенных мафит-ультрамафитах, и железистые кварциты в мобильных поясах. Второй пик рудообразования приходится на фанерозой. Для него характерна халькофильная металлогения и формирование основных ресурсов Mo, Sn, W, Ta, Nb, Hg, Sb и полиметаллов. Для докембрийских провинций характерны изометричные и линейные меридиональные очертания, а для фанерозойских все большую роль приобретают широтные ориентировки.

Осадочный рудогенез в истории Земли ассоциирует с: 1) широким распространением конгломератсодержащих формаций, 2) формированием осадочных бассейнов и 3) развитием кор выветривания. Самыми ранними из них являются рудоносные конгломераты появившиеся 2,8-2,35 млрд. л. назад в гигантских устьевых палеороссыпях. В них накапливались: уранинит, ураноторит, браннерит, золото и алмазы. В период 2,6 млрд. л. образовались наиболее крупная в истории Земли золото-урановая палеороссыпь Витватерсранда. Однако именно с этого момента продуктивность конгломератсодержащих формаций на золото и уран постепенно стала понижаться и сократилась до аномально-геохимического уровня. Совсем иначе повели себя алмазы. Впервые они появились в конгломератах 2,7-2,6 млрд.л. назад и в дальнейшем продуктивность палеороссыпей на алмазы неуклонно возрастала. Подавляющая часть месторождений золота, урана и алмазов в конгломератах приурочено к литологически зрелым олигомиктовым формациям. Максимально золотоносны регрессивные серии тектоно-седиментационных циклов. Продуктивность алмазоносных конгломератов наиболее высока в отложениях базальных формаций трансгрессивных частей циклов.

Процессы экзогенной мобилизации и накопления металлов находились под существенным влиянием обстановок периодического формирования и расколов суперконтинентов, которые в истории Земли возникали четырежды : 1. Моногея - на рубеже архея и протерозоя около 2,6 млрд. лет назад; 2. Мегагея Штиле -1,8 млрд. лет; 3. Мезогея, или Родиния около 1,0 млрд. лет и Пангея Вегенера -0,23 млрд. лет назад. Каждый из них, просуществовав 100-150 млн. лет, вновь раскалывался на разобщенные материи. Для стратиформных золото-платиновых, медных и отчасти алюминиевых руд наиболее продуктивными этапами экзогенной мобилизации веществ оказались периоды существования и распада Мезогеи (Родинии) и Пангеи. Мировой океан, существенно эволюционировал. Сейчас накоплено много фактических данных и пользы версии об их росте от начала геологически датируемых событий до настоящего времени. Об этом писали П.П. Тимофеев и В.Н. Холодов (1984), А.Ю. Розанов (2004), О.Г. Сорохтин и С.А. Ушаков (1991) и др. Благодаря дегазации мантии, масса воды в океанах постепенно увеличивается. За время геологической истории уровень океана поднялся на 4,5 км. (Сорохтин, 2007).

Исходя из парадигмы необратимой геохимической эволюции Земли, распределение химических элементов является закономерно дифференцированным. Медь и ассоциирующие с ней Au, Ni, Co, Pt, Pd, в отличие от минимально-центробежного цинка и центробежного свинца, составляют группу центростремительных элементов, накопление которых характерно для глубинных геосфер Земли в породах ультраосновного состава. Это магматические медно-никелевые (с Au, Pt, Pd), карбонатитовые (с Co), гидротермальные медно-порфиновые (с Au и Mo), медно-колчеданные (с Au). Медно-колчеданные (Кипрский тип, с Au) связаны с зонами спрединга на океанической коре, в противоположность свинцово-цинк-колчеданным (тип Куроко, с Ag), которые формируются на коре переходного типа в зонах активных континентальных окраин. Появление медно-никелевых месторождений с богатым набором платиноидов происходит в зонах тектоно-магматической активизации, обусловленной внедрением в верхнюю кору крупных мантийных плюмов. Медно-порфиновые месторождения (с Au и Mo) связаны с протяженными окраинно-континентальными вулканическими поясами. В отличие от колчеданных медно-порфиновых месторождения всюду приурочены к поднятым блокам земной коры. Золото в колчеданных и медно-никелевых рудах - попутный компонент. Рудными формациями золота, образующими самостоятельные месторождения, являются: золото-кварцевая малосульфидная, золото-кварц-сульфидная и золото-сульфидная. Большое экономическое значение имеют раннедокембрийские месторождения уран-золоторудных конгломератов. Основные запасы меди, свинца и цинка сформировались в течение фанерозойского геолого-металлогенического периода циклического функционирования механизма тектоники литосферных плит. Пик свинцово-цинкового оруденения приходится на палеозойское, а меди и сопутствующего ей молибдена на кайнозойское время. Главные максимумы концентрации золота отвечают концу архея - началу протерозоя и кайнозою.

Литература

- Сорохтин О.Г., Старостин В.И., Сорохтин Н.О. Эволюция Земли и происхождение полезных ископаемых. Известия Секции наук о Земле РАН, 2001, вып.6, с. 5–25.
- Старостин В.И., Япаскерт О.В. Аспекты генетической формационной типизации металлоносных высокоуглеродистых осадочных комплексов. Вестн.моск. Ун-та. Сер.4 геология 2007. 3, с. 12-23
- Старостин В.И. Основные геолого-металлогенические периоды в эволюции Земли. // Вестник МГУ, Сер. 4, Геология, 1996, № 4, с. 19–27.

Старостин В.И., Пелымский Г.А., Дергачев А.Л., Сакия Д.Р. Свинцово-цинковое оруденение в эволюции Земли. Известия секции наук о Земле РАЕН, вып. 7, 2001, с. 7-35.

Старостин В.И., Пелымский Г.А., Сакия Д.Р. Железное оруденение в эволюции Земли. // Известия секции наук о Земле РАЕН, 2000, вып. 5, с. 4–24.

Laznicka P. Empirical metallogeny. Depositional Environments, Lithologic Associations and Metallic Ores Part A u B. Elsevier, Amsterdam – Tokyo, 1985, 1758 p.

Routhier Pierre. Les gisements metallieres. T. 1, T. 2. Masson et C^{ie} Paris, France, 1963, 1275 p.

ГЛОБАЛЬНЫЕ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ЗЕМЛИ

Ткачев А.В.

ГГМ РАН, г.Москва, tkachev@sgm.ru

В основу проведенного анализа была положена информация из созданной в ГГМ РАН базы данных (БД) крупных и суперкрупных месторождений (КСКМ) мира. По состоянию на 01.10.2009 г. она содержит сведения о 1405 объектах, имеющих (или имевших до начала отработки) как минимум крупные интегральные ресурсы важнейших, кроме горючих, видов полезных ископаемых: Au, Ag, МПГ, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Sn, W, Mo, Sb, Hg, Li, Be, Nb, Ta, Zr, редкие земли, Fe, Cr, Mn, Ti, V, Al (бокситы), U, B, P, F, листовые слюды, калийные соли и алмазы. Учитывая, что КСКМ содержат в себе от 65 до 95% интегральных ресурсов этих видов сырья, можно с большой долей уверенности утверждать, что прослеживание изменений в характере (размер ресурсов, металлогенический тип) КСКМ в истории Земли практически означает прослеживание генеральных особенностей ее металлогенической эволюции. Информацию по менее крупным месторождениям привлекалась на стадии проверки и уточнения закономерностей, установленных при анализе КСКМ.

С одной стороны, анализ информации из БД КСКМ, позволил подтвердить ранее уже высказывавшуюся идею, в т.ч. и В.И.Смирновым (1982 и др.), о наличии циклически-поступательного тренда развития металлогении нашей планеты: односторонняя направленность в сторону общего увеличения разнообразия месторождений на фоне цикличности в эволюционных процессах. С другой стороны, по нашим новым данным эта цикличность была несколько иной, чем представлялось предшественникам. В частности, установлено наличие четырех глобальных циклов металлогенической эволюции с точками завершения вблизи отметок (млрд лет) 2.6, 1.8, 0.9, 0.2 и текущий незавершенный. Все циклы начинаются рудогенезом внутриплитных и дивергентных (пассивных) окраинноконтинентальных обстановок (базитовый и щелочной магматизм, осадконакопление, эпигенез в интраконтинентальные осадочных бассейнах), а завершаются интенсивной металлогенией орогенных поясов. Положение границ циклов на шкале времени указывает периодичность $\sim 0.8 \pm 0.1$ млрд лет. Такая картина сильно отличается от 11 периодов (эпох) с завершением у рубежей 3.8, 2.8, 2.3, 1.8, 1.5, 1.0, 0.6, 0.4, 0.25, 0.1, 0.0 млрд лет, выделявшихся В.И.Смирновым. Столь принципиальные различия возникли в результате прогресса как в точности и объеме использованных геохронологических данных по месторождениям, так и в теории генезиса месторождений некоторых типов. Существенно ближе наши результаты выводам Д.В.Рундквиста (1995), отличаясь от них, помимо небольших разночтений в позиции некоторых рубежей инверсии циклов, также отсутствием в наших результатах существенных аргументов в пользу наличия иерархической соподчиненности у металлогенических циклов, как минимум, до фанерозоя.

Установленные в работе рубежи смены циклов в принципе совпадают с кульминационными моментами генерации ювенильной континентальной коры и последующего интегрирования суперконтинентов, реконструированными по геологической и палеомагнитной информации (Condie, 1998, и мн. др.).

Литература

Рундквист Д.В. Глобальная металлогения // Смирновский сборник-95. М., 1995. С. 92-123.

Смирнов В.И. Эндогенное рудообразование в геологической истории // ГРМ. 1982. №4. С.3-20.

Condie K.C. Episodic continental growth and supercontinents: a mantle avalanche connection? // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. V.163. P. 97-108.

**ТОУПУГОЛ-ХАНМЕЙШОРСКИЙ РУДНЫЙ УЗЕЛ
КАК ЭТАЛОН ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ПОИСКОВЫХ РАБОТАХ
НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ ПОЛЯРНОГО,
ПРИПОЛЯРНОГО И СЕВЕРНОГО УРАЛА**

Трофимов А.П., Фунтиков Б.В., Лючкин В.А., Пивоваров А.П., Ваганов И. Н.
ФГУП «ИМГРЭ» Бронницкая геолого-геохимическая экспедиция

Для выявления новых промышленных объектов в перекрытых четвертичными отложениями рудных районах большое значение имеют постоянно прогрессирующие геохимические методы поисков и оценки по потокам рассеяния, вторичным и первичным ореолам химических элементов-индикаторов, применяемые на различных стадиях современного геологоразведочного процесса.

В процессе проведения поисковых и поисково-оценочных работ АО «Полярно-Уральское горно-геологическое предприятие» (Перминов И. Г. и др.), ОАО «Ямальская горная компания» и ОАО «Ямалзолото» (Лючкин В. А., Распопин В. М, Толоконников А. В. и др.) в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, площадью свыше 100 км², входящего в Войкарскую металлогеническую зону, выявлено два золото-железорудных поля: Новогодненское - с промышленными объектами Новогоднее Монто, Петропавловское и Ханмейшорское - с перспективными рудопроявлениями Аномальное и Ханмейшорское. Герцинская тектоно-магматическая структура рудного узла имеет сложное блоковое строение и длительное геологическое развитие, обусловленное ее расположением на северном замыкании Тагильской мегаструктуры, в области пересечения долгоживущих региональных зон тектонических нарушений продольно- и поперечно-уральского направлений, сопряженных с продольной зоной Главного Уральского глубинного разлома (ГУГР) и поперечной зоной Ханмейского глубинного разлома.

Поисковые и поисково-оценочные работы сопровождались геохимическими работами Бронницкой ГГЭ по потокам рассеяния, вторичным и первичным ореолам. Химико-аналитические работы, включающие ПКСА на 40 элементов и химико-спектральный анализ золота более 40 тыс. проб, выполнены в Аналитическом центре Бронницкой геолого-геохимической экспедиции (Аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001. 511505).

В результате проведенных работ на изученных участках Тоупугол-Ханмейшорской площади по геохимическим и керновым пробам поисковых скважин, поверхностных горных выработок, рыхлых и донных отложений создана компьютерная база химико-аналитических данных, обработка которых осуществлена с использованием программ SPSS 10.0 и Gold Digger. Для каждой геологической среды на основании корреляционно-парагенетического и факторного анализов выделены геохимические ассоциации элементов-индикаторов и изучен характер проявления рудогенных процессов, выявлены и построены моноэлементные, комплексные ореолы элементов-индикаторов, установлены особенности их пространственного распределения и зональный характер, рассчитаны прогнозные ресурсы.

Сопоставление вторичных аномальных зон в донных, рыхлых отложениях, первичных ореолов коренных пород Тоупугол-Ханмейшорской площади позволило установить их структурную сопряженность в пространстве, унаследованность в элементном составе, выраженную рудно-формационными, корреляционно-парагенетическими рядами, ассоциациями рудогенных факторов, количественными характеристиками геохимических параметров (показатели интенсивности, дифференцированности и уровней зонального среза). Выявленные закономерности являются важными поисковыми признаками и критериями для локализации участков с перекрытым и «слепым» промышленным оруденением.

Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел может служить эталоном прогнозирования рудных объектов при региональных геохимических поисковых работах в районах со

сложными ландшафтно-геохимическими условиями, на восточном склоне Урала, вдоль проектируемой дороги «Урал промышленный – Урал Полярный».

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ

Усова Т.Ю., Калиш Е.А., Архипова Н.А., Комин М.Ф.,

ФГУП «ИМГРЭ», imgre@imgre.ru

Редкие металлы - это ключевые материалы самых современных отраслей промышленности. Их производство и потребление в мире активно возрастает, значительно опережая по темпам роста многие виды традиционных материалов.

В России из-за низкой рентабельности в 90-е годы была прекращена разработка многих редкометалльных месторождений, а с распадом СССР и нарушением хозяйственных связей между бывшими республиками, а зачастую и полным уничтожением предприятий, практически развалилась созданная в советское время редкометалльная промышленность. В результате большая группа редких металлов в настоящее время в Россию импортируется.

Потребление многих редких металлов российской промышленностью также снизилось в несколько раз.

По разведанным запасам большинства редких металлов Россия занимает одно из первых мест в мире. Однако, созданная, в основном, в советское время, российская минерально-сырьевая база редких металлов уступает зарубежной по ряду факторов: по структуре запасов, по содержанию полезных компонентов, по географо-экономическим и горнотехническим условиям отработки, по технологическим свойствам руд и др.

Технико-экономические расчеты экономической эффективности освоения в современных условиях показали относительно невысокую конкурентоспособность отечественных месторождений. Тем не менее, использование российской минерально-сырьевой базы возможно. Основные пути повышения ее конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности следующие:

- стратегический статус большинства редких металлов, обеспечивающих экономическую безопасность и обороноспособность страны, обуславливает целесообразность и необходимость участия государства в восстановлении редкометалльной подотрасли, причем на первых этапах – с ведущей ролью;
- освоение редкометалльных месторождений на условиях частно-государственного партнерства. Участие государства может быть обеспечено созданием инфраструктуры, и в первую очередь транспортной, особыми условиями налогообложения на начальных стадиях освоения, льготное кредитование и др.;
- создание центров редкометалльной промышленности в рамках горнорудных районов, что обеспечит уменьшение инвестиций на освоение отдельных объектов до 20 %;
- углубленная геолого-экономическая переоценка ранее разведанных месторождений с учетом возможности технологических инноваций в области добычи, обогащения и металлургического передела;
- комплексное использование сырья, в том числе и его нерудной части, которая в общей стоимости товарной продукции может достигать 30 и даже 50%, превращая низкорентабельные объекты в экономически эффективные для освоения;
- повышение степени готовности получаемой редкометалльной товарной продукции;
- прогнозирование рынков редких металлов, т.к. именно спрос на продукцию горнодобывающих производств определяет востребованность и перспективы развития минерально-сырьевой базы конкретных объектов и страны в целом.

ДЕСТРУКТИВНОЕ СТРОЕНИЕ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ.

Фарбер М.Р.

*ГОУ ВПО «Якутский государственный университет им.М.К.Аммосова», г.Якутск,
Республика Саха (Якутия).*

В пределах Верхояно-Колымской орогенной области развиты разрывные нарушения различных порядков, морфологии и ориентировки, группирующиеся в системы с различными динамическими условиями формирования. Разрывные нарушения, в совокупности с особенностями складчатого строения и литологическим составом пород, оказывали большое влияние на размещение оруденения. Распределение разрывных нарушений по площади орогенной зоны неравномерное. Также различен их ранг. Однако, общая их совокупность формирует деструктивные участки, как на границах крупных блоков, так и внутри них, образуя деструктивные зоны земной коры (ДЗЗК).

Проведенные исследования на территории Верхояно-Колымской орогенной области позволили выделить ряд деструктивных зон, характеризующихся следующими различиями: а) степенью деструкции; б) размерами и очертаниями; в) ориентировкой.

Выделенные деструктивные зоны на территории Верхояно-Колымской орогенной области распространены неравномерно. Их наибольшая концентрация отмечена во внутренней зоне Верхоянского складчато-надвигового пояса вдоль границы с Сибирской платформой. Другая полоса ДЗЗК расположена во внешней части Верхоянского складчато-надвигового пояса и приурочена к участку сочленения его Янского сектора с Кулар-Нерским сланцевым поясом и окраинными структурами внутренней зоны Верхояно-Колымской орогенной области – Иньяли-Дебинской и Полуосненской. На остальной площади орогенной зоны ДЗЗК встречаются в виде отдельных обособленных участков.

В целом, простираение деструктивных зон подчиняется ориентировке основных тектонических структур, т.к. их формирование связано с общими геодинамическими процессами протекающими в поздней юре-мелу при коллизии Северо-Азиатского кратона с Колымо-Омолымским супертеррейном и Охотским террейном.

Деформации вмещающих пород (разломы и ДЗЗК) являются одним из главнейших факторов подготовки условий, благоприятных как для поступления минералообразующих субстанций, так и для взаимодействия их с вмещающими породами. Большинство известных месторождений Верхояно-Колымской орогенной области приурочены к выделенным ДЗЗК.

ПАЛЕОВУЛКАНИЧЕСКИЕ КАРТЫ РОССИИ И СВЯЗАННЫЕ С ВУЛКАНИТАМИ РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ

Щербакова М.Н.

МГУ, геологический факультет, кафедра литологии, e-mail litology@geol.msu.ru

В начале 80-х годов по инициативе Палеовулканологической комиссии Межведомственного петрографического комитета было начато составление палеовулканологических карт России и сопредельных стран СНГ. Работа проводилась под руководством основателя палеовулканологической школы И.В. Лучицкого. Были привлечены многочисленные геологи научно-производственных организаций. Атлас карт масштаба 1:5 000 000 составлялся для 5 срезов (V-S₁, S₂ – C₁, C₂-T, J-K, P-N). Была сформирована большая методическая группа, обозначены редакторы для каждого временного интервала, широко привлекались специалисты. Вопросы, связанные с составлением карт регулярно обсуждались на палеовулканических симпозиумах с 1986 по 1993 гг. Карты были изданы в 2001 г. издательством Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ. Карты сопровождалась объяснительной запиской.

Главное содержание палеовулканологических карт – показ распространения, состава, форм проявления, времени и условий образования вулканитов. На картах обозначались современные выходы вулканитов на поверхность и предполагаемые первоначальные площади их распространения. Состав продуктов вулканизма был отражен путем типизации вулканических формаций – в изображении был использован цвет. В качестве характеристики условий вулканизма была обозначена палеогеографическая обстановка, составившая основной фон карт. (При многократной смене обстановок отражалась главная тенденция изменения). Карты сопровождалась колонками в масштабе 1:100 000, на которых был отражен породный и фациальный состав вулканитов и осадочных пород. Был показан состав и возраст фундамента, на котором закладывались вулканические зоны.

Автор настоящего доклада была назначена редактором палеовулканологической карты для временного интервала C₂-T.

Легенды карт обозначены на русском и английском языках.

Для изображения рудных формаций были показаны *классы* полезных ископаемых: металлических и неметаллических. Далее были даны *группы* полезных ископаемых. Для металлических: черные, цветные, редкие и благородные металлы. Для неметаллических: изображались: агросырье (фосфор), горнохимическое сырье – сера, флюорит, барит, перлиты, бентониты, цеолиты. А также кристаллическое сырье – исландский шпат и ювелирное сырье – кремнезем.

В легенде к картам было обозначено 42 рудных формаций. Соответствующими символами были обозначены соответствующими знаками руды. Обозначались второстепенные элементы руд. Например, для серноколчеданной руды значились: Fe, Cu, Co, Au. Для медно-порфировой – Mo, Au. Для золото-серебряной – Te и Se.

Каждая формация сопровождалась соответствующим индексом.

Наконец, 5 разных знаков обозначали изображение: 1 - в отдалении от активных вулканических центров, 2, 3 - в пределах активных вулканических центров фумарол и выбросами. 4 – субвулканические – малых глубин. 5 – вулкано-плутонические, малых глубин.

В целом, смысловая составляющая палеовулканологических карт была весьма обширной. Жаль, что карты были изданы ограниченным тиражом. На геологическом факультета лишь я располагаю всем комплектом карт и объяснительной запиской к ним.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА: РЕАЛИИ И ПРОБЛЕМЫ

Юбко В.М., Пономарева И.Н.

ГНЦ ФГУПП «Южморгеология», Геленджик, Россия, yubko@ymg.ru, IrinaP@ymg.ru

С принятием 30 апреля 1982 г. Конвенции ООН по морскому праву, заложившей всеобъемлющую и универсальную основу международно-правового регулирования деятельности в Мировом океане, решение проблемы освоения минеральных ресурсов океанского дна вступило в фазу практической реализации. Большинство экономически развитых государств, включая СССР (с 1991 года Российской Федерацией), были предприняты энергичные меры, направленные на решение задач геополитического, хозяйственно-экономического, организационно-технического и научного характера, обеспечивающие закрепление их прав на разведку и разработку ресурсов морского дна за пределами юрисдикции прибрежных государств.

По состоянию на текущий момент Российская Федерация занимает относительно устойчивые позиции в сфере обеспечения своих приоритетов на ряд рудных полезных ископаемых Мирового океана: наша страна уже обладает гарантированными Международным Органом по Морскому Дну ООН (МОМД) правами на участок дна Тихого океана площадью 75 000 км², в пределах которого локализовано крупное месторождение железомарганцевых конкреций (ЖМК), ведет интенсивную подготовку к подаче соответствующих заявок в МОМД на месторождения кобальтомарганцевых корок (КМК) в Тихом и глубоководных полиметаллических сульфидов (ГПС) – Атлантическом океанах. Вместе с тем, в областях деятельности, связанных с подготовкой к освоению упомянутых месторождений, дела обстоят не столь благополучно.

В соответствии с условиями, на которых МОМД предоставляет право на минеральные ресурсы конкретных участков океанского дна, правообладатель обязан в течение 15 лет с момента получения прав создать технико-технологическое обеспечение добычных работ. В российском варианте, касающемся месторождения ЖМК, соответствующий срок приходится на 2015 год. Однако решению данной задачи у нас уделяется, мягко говоря, недостаточное внимание. Все это может закончиться тем, что Россия окажется не в состоянии освоить богатейшие месторождения, на поиски и разведку которых уже потрачены весьма внушительные средства.

Что же касается экономической эффективности освоения месторождений океанских руд, то в примере ЖМК ее прогнозные оценки выглядят достаточно оптимистично: срок окупаемости затрат по соответствующему проекту может составить всего около 10 лет, а суммарная прибыль за двадцатилетний период его реализации выйти на уровень 20 миллиардов долларов США. Кроме того, разработка этих месторождений позволит полностью удовлетворить внутренний спрос на ряд остродефицитных металлов, в первую очередь – марганец.

Как известно, минерально-ресурсный потенциал океана далеко не исчерпывается упомянутыми видами полезных ископаемых. К числу относительно недавних открытий в этой области относятся примеры обнаружения месторождений гидротермальных сульфидных руд в кальдерах подводных гор, а также проявлений сереброносных гидротермально-метасоматических сульфидов, связанных с особым типом внутриплитной вулканогенной активности.

С сожалением приходится констатировать, что совершенно недостаточный объем финансирования морских научных исследований, практикуемый на современном этапе истории нашей страны, препятствует дальнейшему прогрессу в части расширения перспектив океанского дна в отношении новых типов металлогенических объектов, таких, например, как магматические месторождения хромитовых и титано-

магнетитовых руд, на возможное обнаружение которых еще в 1975 году указывал В.И. Смирнов.

ЭЛЕМЕНТЫ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА ПРИ ЛАНДШАФТНОМ РАЙОНИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ ПО УСЛОВИЯМ ВЕДЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ (НА ПРИМЕРЕ МАЛОГО ХИНГАНА, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

Юрченко Ю.Ю., Соколов С.В.

ФГУП «ВСЕГЕИ», yuri_yurchenko@vsegei.ru, yuri.yurchenko.83@gmail.ru

Ландшафтное районирование является неотъемлемой составляющей при проведении геохимических работ любого масштаба. Главной целью районирования является рациональный выбор геохимических методов поисков, эффективных в тех или иных ландшафтных обстановках (Инструкция..., 1983).

На сегодняшний день существует два основных направления ландшафтного районирования. Первое направление, основы которого заложены А.И. Перельманом, М.А. Глазовской, И.А. Морозовой и другими исследователями, связано с углубленным изучением геохимических ландшафтов путем составления ландшафтно-геохимических типологических карт, карт районирования по условиям гипергенной миграции химических элементов, карт районирования по ландшафтно-геохимическим условиям ведения поисковых геохимических работ и т.п. Второе направление, нашедшее отражение в работах В.И. Красникова, Ю.В. Шаркова, О.А. Глико, предусматривает возможность изучения лишь некоторой части природных факторов, учет которых необходим только для литогеохимических методов поисков, путем построения так называемых карт КТО - категории трудности опознания (Методические..., 1985).

В последние годы появились методики, учитывающие в тех или иных пропорциях оба направления.

При проведении геохимических работ (в особенности литогеохимических как по первичным, так и по вторичным ореолам и потокам рассеяния) немаловажную роль играет степень открытости (закрытости) территории (Красников В.И., 1965, Соколов С.В. и др., 2008). Из практики следует, что наиболее эффективным методом районирования территории по этому показателю является морфометрический анализ рельефа на основе цифровой модели рельефа (ЦМР). В частности, применение ЦМР для ландшафтно-экологического районирования апробировано Б.А. Новаковским с соавторами (2003, 2005). Базовыми элементами ЦМР являются карты углов наклона и экспозиции склонов, базисных поверхностей водотоков *n*-порядка и другие. Введение имеющейся геологической информации (структурно-тектонические схемы, карты четвертичных отложений и другие) в структуру ЦМР позволяет наиболее корректно как на качественном, так и на количественном уровнях, произвести районирование территорий по условиям ведения геохимических работ.

Использование авторами базовых элементов морфометрического анализа в совокупности с современными GIS-технологиями, а также комплексным анализом геолого-геохимической информации позволило провести ландшафтное районирование территории Малого Хингана по условиям ведения геохимических работ (таблица). На основе полученных данных выделены типовые ландшафтные обстановки по степени их открытости, основной мерой которой служит величина угла склона.

Таблица
Краткая характеристика ландшафтов Малого Хингана

Тип района	Углы склона	Ландшафт	Тип ореолов	Методы геохимических поисков
Открытые районы (20%)*	>25°	Ландшафты крутых склонов	Проявлены остаточные механические	Стандартные методы геохимических поисков по вторичным ореолам и

	10^0-25^0	Ландшафты склонов средней крутизны	ореолы	потокам рассеяния, возможно применение специальных глубинных методов поисков
Фрагментарно открытые (полузакрытые) районы (40%)	5^0-10^0	Ландшафты пологих склонов	Остаточные механические ореолы резко ослаблены. Проявлены наложенные сорбционно-солевые ореолы	Специальные глубинные геохимические методы поисков (МАСФ, ММІ, ЧИМ и др.)
Закрытые районы (40%)	$<5^0$	Ландшафты субгоризонтальных поверхностей (равнины, очень пологие склоны)	Остаточные механические ореолы на поверхности не проявлены. Проявлены наложенные сорбционно-солевые ореолы	

*Примечание: в скобках указан процент от общей площади района

Использование выше описанного алгоритма позволяет оптимизировать условия проведения геохимических поисков на территории Малого Хингана.

Литература

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / С.В.

Григорян, А.П. Соловов, М.Ф. Кузин. М.: Недра, 1983

Красников В.И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений (2-е изд). М.: Недра, 1965

Методические рекомендации по составлению карт районирования масштаба 1:500 000 по условиям применения геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых / И.А. Морозова, В.З. Тойбин, Ю.В. Шарков – М.: ИМГРЭ, 1985

Новаковский Б.А., Прасолов С.В., Прасолова А.И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. М.: Научный мир, 2003

Новаковский Б.А., Красовская Т.М., Тульская Н.И. Использование цифрового моделирования рельефа и дистанционного зондирования для актуализации мелкомасштабных ландшафтных и экологических карт горных районов // Геоинформатика. 2005. №4. С. 3-8

Соколов С.В., Шевченко С.С. Задачи повышения эффективности геохимических работ поисковой геохимии // Прикладная геохимия. Вып. 8 (в 2-ух томах). Проблемы поисковой геохимии. Том 2. Опыт геохимических поисков. М.: ИМГРЭ, 2008. С. 3-15

Секция 4.

Флюидодинамика

рудноносных систем

КАЛИПИРОХЛОР – НОВЫЙ МИНЕРАЛ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ БОЛЬШЕТАГНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НИОБИЯ

Азарнова Л.А., Чистякова Н.И., Наумова И.С., Темнов А.В.

ФГУП «ВИМС», lazarnova@mail.ru

Большетагнинское месторождение ниобия (Иркутская область) расположено в пределах одноименного массива ультраосновных щелочных пород и карбонатитов, входящего в состав Восточно-Саянской редкометальной провинции. Промышленное ниобиевое оруденение представлено пирохлоровой минерализацией, локализованной в апатит-карбонат-биотит-микроклиновых породах («микроклинитах» и «слюдитах»). В

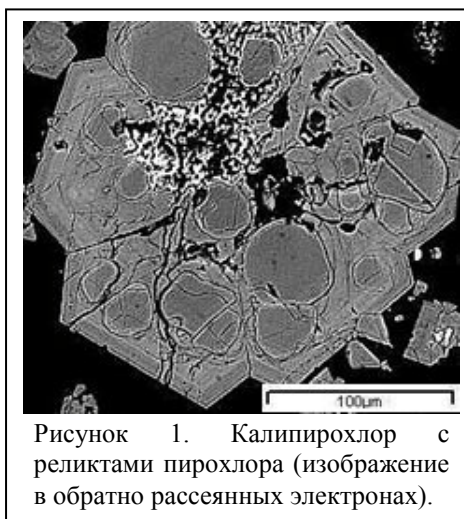


Рисунок 1. Калипирохлор с реликтами пирохлора (изображение в обратно рассеянных электронах).

приповерхностной части месторождения развита площадная кора выветривания (КВ) мощностью от 20 до 80 м. Основными признаками КВ являются: пористые и кавернозные текстуры пород, образовавшиеся при выщелачивании карбонатов и апатита, псевдоморфозы гидроксидов железа по пириту, присутствие ярозита и вторичных железосодержащих фосфатов.

Авторами впервые установлено, что в КВ Большетагнинского месторождения, наряду с ранее выявленной гидратацией пирохлора, сопровождающейся снижением содержания натрия и кальция (Пожарицкая, 2006), широко проявлены процессы растворения минерала с кристаллизацией на его месте калипирохлора (рисунок 1, таблица 1).

До настоящего времени в мире было известно только одно местонахождение калипирохлора (Лапин, 1989, Wall, 1996) – в латеритной коре выветривания микроклиновых карбонатитов массива Луеш (ДР Конго), где он образует промышленные скопления. Формирование калипирохлора Большетагнинского месторождения также происходило в условиях кислой среды выветривания высококалийных пород (содержание микроклина до 70-80 %), возникающей в зоне гипергенеза при растворении пирита.

Таблица 1

Состав калипирохлоров месторождений Большетагнинского и Луеш (Ercit, 1994), (%)

КРур	a, Å	CaO	Na ₂ O	SrO	K ₂ O	Nb ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Σ
1, n=21	10,583(1)	0,8±0,5	<0,2	1,3±0,6	2,8±0,3	66,9±1,9	0,7±0,4	8,3±1,5	81,3±1,7
2, n=11		0,5±0,3	<0,2	1,1±0,7	2,9±0,6	72,1±2,6	1,1±0,6	4,6±1,8	82,4±1,4
3	10,604(1)	0,1	-	1,8	2,1	75,7	-	5,0	84,7

Калипирохлор (КРур) Большетагнинского месторождения: 1 – внешняя и 2 – центральная части кристаллов; калипирохлор, Луеш, 3.

Литература

- Лапин А. В., Куликова И. М. Процессы изменения пирохлора и их продукты в корах выветривания карбонатитов // ЗВМО. 1989. ч. 118. в.1. С. 41-49.
- Большетагнинское месторождение ниобия / Л. К. Пожарицкая, Б. Т. Вейс, Т. Д. Квитко и др. // Современные проблемы сырьевой базы редких металлов России (1956-2006). Минеральное сырье. № 18. М.: ВИМС, 2006. С. 119-135.
- Ercit T. S., Hawthorne F. C., Černý P. The structural chemistry of kalipyrochlore, a “hydropyrochlore” // Can. Mineralogist. 1994. V. 32. P. 415-420.
- Wall F., Williams C. T., Wolley A. R. Pyrochlore from weathered carbonatite at Lueshe, Zaire // Min. Magazine. 1996. V. 60. P. 731-750.

ДВА ТИПА АРГИЛЛИЗИТОВ КУЙБЫШЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ (О.ИТУРУП), КАК КРИТЕРИЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ НА ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

Акимов Г.Ю.¹, Иоспа А.В.²

¹ ФГУП ЦНИГРИ, Shtagal@yandex.ru, ² – ФГУП ВИМС, ada_heals@mail.ru

Выявление критериев отличия метасоматитов, сопровождающих оруденение, от конвергентных им безрудных образований является актуальной задачей, успешное решение которой позволяет уже на ранних этапах поисковых работ локализовать перспективные участки. В рамках проведения научно-методического сопровождения ГРР нами изучены метасоматиты аргиллизитовой формации (аргиллизиты и вторичные кварциты) Куйбышевской перспективной площади (165 км²) в Центрально-Итурупском рудном узле (о. Итуруп, Сахалинская область), определена их металлогеническая специализация и установлены критерии различия. Структурная позиция Куйбышевской площади определяется наличием рудоконтролирующей вулканотектонической депрессии (ВТД), диаметром около 8 км, сложенной тремя вулканоплутоническими комплексами: рыбаковским андезитовым (N₁₋₂), камуйским дацитовым (N₂) и фрегатским андезитовым (N₂-Q_E). С субвулканической фацией камуйского комплекса В.Я. Данченко связывает проявление золото-серебряной минерализации. В пределах ВТД породы подвержены площадной пропилитизации, на которую наложены линейные крутопадающие протяженные зоны аргиллизитов и вторичных кварцитов, приуроченные к разрывным нарушениям с аз. пр. 290-310° и 0-10°. Мощности зон аргиллизации от 20 до 500 м (в ср. 200-300 м). Вторичные кварциты проявлены в осевых частях зон аргиллизации и имеют мощности от первых десятков см до 20 м. К осевым зонам метасоматитов приурочена многостадийная жильно-прожилковая минерализация, представленная, преимущественно, колломорфно-полосчатым кварцем с переменным количеством сульфидов (0.5-8 %, в ср. 1-2 %).

В пределах Куйбышевской площади, нами выделено два типа аргиллизитов, которые различаются по следующим основным показателям: составу глинистых минералов, наличию As-содержащих сульфидов и геохимических аномалий As, Rb/Sr отношению, сопутствующей рудной минерализации (Au-Ag и Mo).

Метасоматиты аргиллизитовой формации, с которыми сопряжена Au-Ag минерализация (участки Перевальный, Извилистый, Жильный), относятся к каолинит-сметитовой фации, образованной умеренно кислыми растворами (pH 4-6.5; T – 240-180°C). Главные минералы: кварц, смешанно-слоистые образования (ССО), иллит. Второстепенные минералы: пирит, хлорит, гидрохлорит, каолинит, ломонтит. Глинистые минералы представлены, главным образом, ССО иллит-монтмориллонитового типа и иллитом (в значительно меньшей степени ССО иллит-монтмориллонит-вермикулитового, каолинит-монтмориллонит-гидрохлорит-вермикулитового типов и каолинитом). Rb/Sr отношение 1-44. Пирит метасоматитов содержит до 2.46 % As. В сопутствующей жильно-прожилковой минерализации установлен арсенопирит и теннантит. С зонами метасоматитов связаны геохимические аномалии As и Au.

Аргиллизиты следующего типа относятся к каолинит-кварцевой фации, сформированной ультракислыми растворами (pH 2.5-3; T – 280-260°C). Главные минералы: кварц, каолинит, пирит. Второстепенные минералы: хлорит, септехлорит, диаспор. Редкие: молибденит (гексаэдрич. с примесью ромбоэдрич.), халькопирит. Глинистые минералы представлены исключительно каолинитом. Rb/Sr отношение 0.01-0.004. As-содержащих сульфидов и геохимических аномалий As не установлено. Установление 2-х типов аргиллизитов на Куйбышевской площади может использоваться при выделении участков, перспективных на Au-Ag оруденение.

ГЕОФТОРИМЕТРЫ И УРОВНИ КОНЦЕНТРАЦИЙ ФТОРА ВО ФЛЮИДАХ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ И МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аксюк А.М.

aksyuk@iem.ac.ru, ИЭМ РАН

Фтор, после воды, углекислоты и хлора, – один из основных компонентов природных гидротермальных флюидов. Высокая химическая активность и способность фтора взаимодействовать с различными металлами с образованием относительно летучих соединений, определяет большую его роль в переносе многих рудных элементов природными флюидами, особенно, при образовании редкометальных месторождений. Содержания фтора в горных породах и минералах изучены широко в отличие от величин его концентрации в гидротермальных флюидах при высоких температурах и давлениях. Но они являются экстенсивным параметром и не столь однозначно, как концентрация во флюиде, связаны параметрами образования пород и руд. Концентрация фтора в геологических растворах и надкритических флюидах является одним из интенсивных факторов, определяющих физико-химические условия формирования W-Mo-Sn и Ta-Nb месторождений, так как при образовании редкометальных гранитов, пегматитов и месторождений – это один из важнейших параметров их формирования. Напротив, образование медно-порфировых месторождений, по мнению большинства исследователей, определяется, в первую очередь, не фторидным, а хлоридным флюидом. С количественной стороны роль фтора в геологических флюидах остается еще недостаточно охарактеризованной. Для решения этой задачи нами была разработана система экспериментально обоснованных минеральных геофториметров. В основе геофториметров положены данные по распределению фтора между минералами с анионным (F-OH) изоморфизмом, такими как слюды (биотит, мусковит, литий-содержащие слюды), апатит и топаз. Они позволяют, зная состав минерала, температуру его образования и активность воды, рассчитывать концентрацию фтора во флюиде, бывшем в равновесии с данным минералом. Применение этих геофториметров к анализу условий формирования ряда редкометальных и медно-порфировых месторождений выявило несколько разных трендов в поведении фтора во флюидах, связанных с этими месторождениями. Концентрации HF во флюидах, связанных с редкометальными лейкогранитами Центрального Казахстана, биотитовыми гранитами Хангилайского массива (Восточное Забайкалье) оказались близкими к величине $M_{HF} = 0,06$ моль/дм³. Значения этих концентраций на диаграмме $\log M_{HF}-T$ выстраиваются в виде высоко-фторидного тренда, где они остаются почти постоянными в широком интервале температур 500-900°C. Для литий-фтористых амазонитовых гранитов Ta-Nb месторождений Орловка и Этыка (Восточное Забайкалье) характерны еще более высокие концентрации HF во флюиде, которые определяются в интервале M_{HF} равном 0,4-1,0 моль/дм³. Возможно, они образуют верхний еще более высоко-фторидный тренд.

Флюиды Санта Риты, Аксуг, Шахтомы и других Cu-Mo-порфировых месторождений, где роль хлора, а не фтора, во флюидах была преобладающей, образуют низко-фторидный тренд с концентрациями 0,01-0,0001 моль/дм³. Вдоль этого тренда величина M_{HF} во флюидах снижается с температурой приблизительно на полпорядка при падении температуры от 900°C до 500°C. На этот тренд ложатся также флюиды безрудных гранитных комплексов Казахстана и ряда гранитных массивов Восточно-Уральского поднятия. При 500-600°C концентрация фтора составляет около 0,001-0,005 моль/кг H₂O. Столь значительная разница в уровнях концентраций фтора во флюидах, связанных с месторождениями различного типа, позволяет использовать величину концентрации фтора во флюиде как F-индикатор потенциальной

рудности гранитов, наряду с Zr/Hf отношением содержаний этих элементов в гранитах, как это уже ранее подчеркивалось нами (Зарайский Г.П., Аксюк А.М., 2000)

ПРОГНОЗНЫЕ ПРИЗНАКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОСНОВАННЫЕ НА МОДЕЛИ БАЛАНСА-МАСС

Асавин А.М.

ГЕОХИ РАН Москва alex@geokhi.ru

Для широкого класса магматических месторождений (хромитовые, сульфидные и фосфатные ликвационные, титаномагнетитовые с ванадием), связанных с дифференциацией расплавов в магматических камерах или сформированные в пределах единого магматического, можно модель формирования с помощью уравнения баланса масс.

В основе подобной модели лежит простое предположение о замкнутости системы, из которого вытекает следствие – исходный материнский расплав дает суммарно состав продуктов его эволюции. Важно, что руды данного класса в существенной части состоят из петрогенных компонентов – Fe, Al, Ti, Mg, Ca, помимо собственно полезных – рудных, второстепенных для системы, компонентов (P, Cr, S). В этом случае возникновение таких руд сказывается на возможности построить модель развития магматической системы по петрогенным компонентам в возрастании математических невязок расчета баланса-масс.

Решая обратную задачу можно предположить, что появление больших отклонений в расчетной модели будет указывать на возможность существования в конкретном магматическом массиве рудных тел. Пример такого расчета был реализован нами при сопоставлении двух близких платиноносных интрузий – Гулинской и Кондерской. Оба этих плутона характеризуется наличием платиновой россыпи, однако коренная минерализация в них не выявлена. Расчет численной модели баланса масс для этих массивов показан на Рис. 1

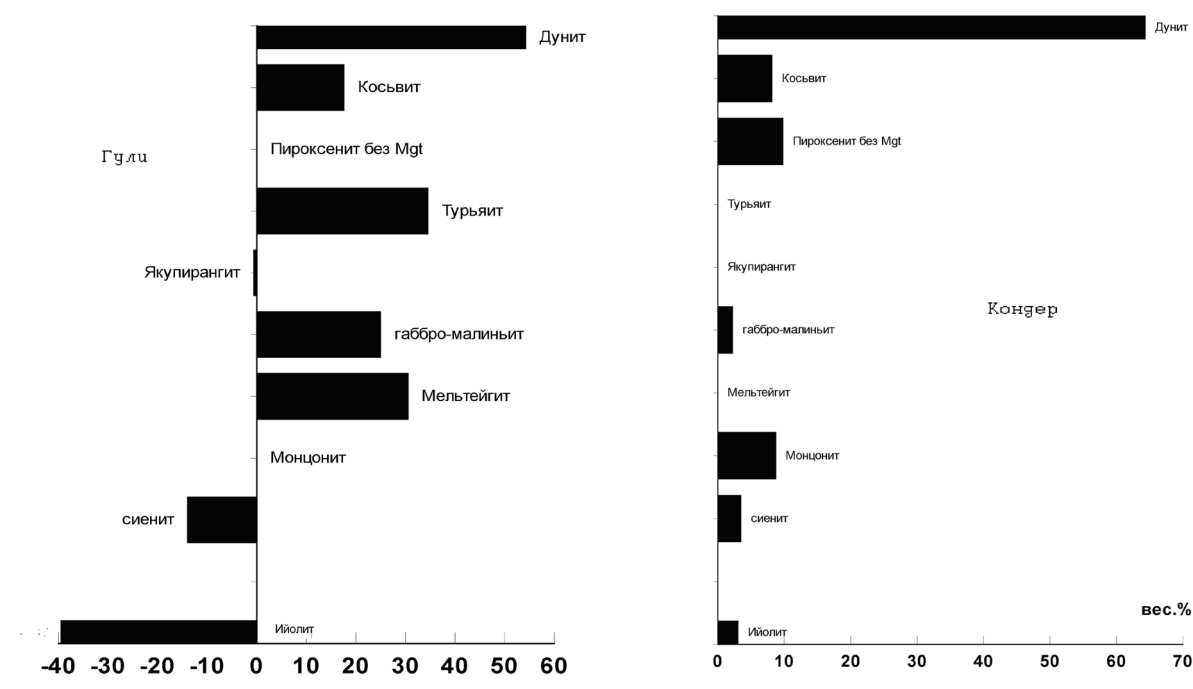


Рисунок 1. Соотношение объемов интрузивных фаз Гулинского и Кондерского плутонов по численным моделям при использовании меймечитового состава первичной магмы.

Несмотря на сходство составов интрузивных фаз этих массивов, при построении моделей выяснилось, что для Кондера модель рассчитывается очень хорошо, а для Гулей этого сделать не удается. Попытка использования других составов первичных расплавов для Гулинского массива также не привела к удачным расчетам. Одним из

предполагаемых объяснений может быть формирование рудных тел на Гулинском плутоне и отсутствие таких тел на Кондере.

Косвенной проверкой нашей гипотезы может служить оценка вариаций соотношений элементов платиновой группы в породах этих массивов. Из рис.1 видно, что в Кондерском массиве соотношения Os/Ir близко 1, а в Гулях достаточно много пород с очень высоким >1 и низким отношением.

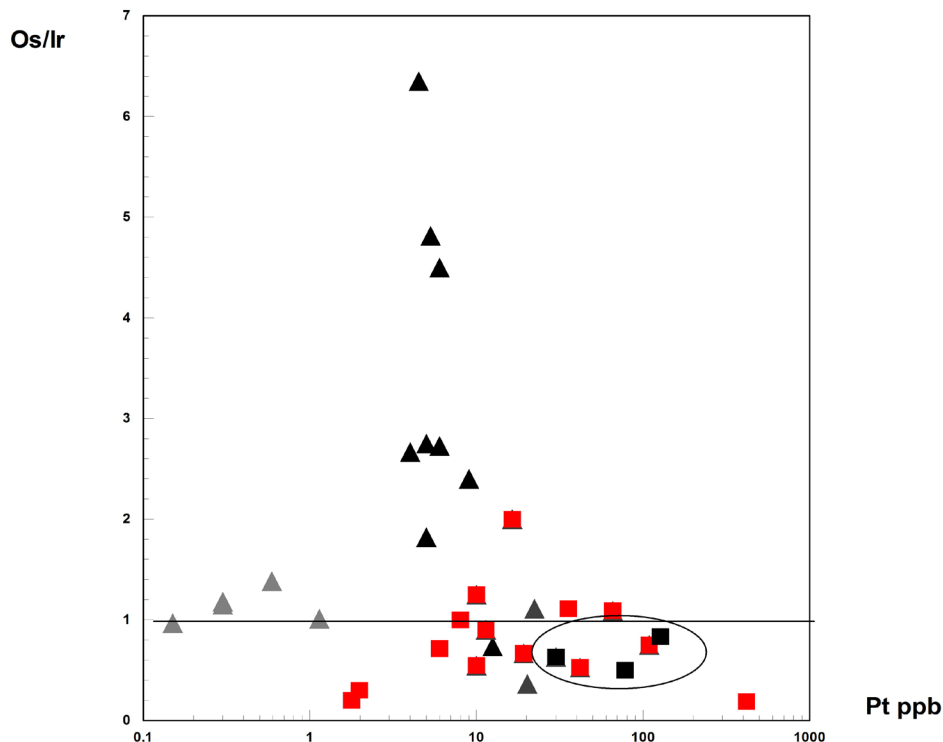


Рисунок 2. Соотношение Pt-Os-Ir в породах Гулинского (треугольники и светлые квадраты) и Кондерского плутонов (черные квадраты обведенные овалом). По данным - Лазаренко и др. 1993, Когарко и др., 1994, Thalamber, Meisel, 2005.

Расчеты показывают, что причиной этих отклонений от 1 может быть фракционирование ЭПГ при образовании хромитовых руд или сульфидных расплавов, которые позволяют изменять Os/Ir отношение в дунитовом рестите. Этот геохимический критерий подтверждает возможность использования отклонения от модельного распределения микро и макро компонентов полученного по балансу-масс, как критерия появления рудных тел.

Литература.

- Лазаренков В.Г., Малич К.Н., Сахьянов Л.О. (1993) Платинометальная минерализация зональных ультраосновных и коматиитовых массивов // Л.: Недра, 1993. 217 с.
- Когарко Л.Н., Уханов А.В., Никольская Н.Е. (1994) Новые данные о содержании элементов группы платины в горных породах ийолит- карбонатитовой формации (массивы Гули и Кугда, Маймеча-Котуйская провинция, Полярная Сибирь)// Геохимия. 1994. № 11. С. 1568-1576.
- Thalhammer, O.A.R., Meisel T. (2005) Os-isotope systematics from the Guli Massif, northern Siberia, Russia.// In 10th International Platinum Symposium: Platinum-Group Elements from Genesis to Beneficiation and Environmental Impact, 2005 Geological Survey of Finland, 243–246.

КОНТРАСТНОСТЬ ФЛЮИДНЫХ РЕЖИМОВ МАГМАТИЗМА И ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ИЛИ МЕТАМОРФИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Балашов Ю.А.¹, Скублов С.Г.²

¹ГИ КНЦ РАН, Апатиты, Россия, balashov@geoksc.apatity.ru.

²ИГГД РАН, Санкт-Петербург, Россия, skublov@mail.1333.com.

Важным индикатором контрастности параметров P-T-fO₂ флюидных режимов магматических пород и вторичного их преобразования при формировании рудоносных систем являются акцессорные минералы, сопровождающие различные этапы рудообразования. Мы обращаем внимание на появление циркона, геохимические характеристики которого позволяют контролировать P-T-fO₂ условия, поскольку в составе редкоземельных элементов цирконов присутствует Ce в двух валентных состояниях, соотношение которых (Ce⁴⁺/Ce³⁺) напрямую зависит от P-T-fO₂ флюидных режимов системы. При региональных исследованиях детритовых цирконов хадея, цирконов из щелочных гранитоидов Кейвского блока Кольского полуострова и гранитоидов других регионов оказалось, что в магматических разностях этого минерала резко преобладает концентрация Ce⁴⁺, а в гидротермальных и метаморфических фациях цирконов наоборот интенсивно возрастает содержание Ce³⁺ (Балашов, Скублов, 2009). Это определенно указывает на изменение P-T-fO₂ флюидных режимов и перспективы использования циркона для детализации условий генерации рудоносных систем. В частности, при исследовании условий магнообразования меймечитов и щелочных пикритов, содержащих высокие концентрации Ti и других некогерентных элементов, указывается (Рябчиков и др., 2009), что эти породы кристаллизовались при высоких значениях летучести кислорода. Это согласуется с избытком Ce⁴⁺ в магматических разностях цирконов из упомянутых выше щелочных пород других регионов.

Литература

Балашов Ю.А., Скублов С.Г. Уникальные индикаторные возможности церия в цирконах разного генезиса // «Физико-химические факторы петро- и рудогенеза: новые рубежи». Тез. Конференции, посвященная 110-летию со дня рождения акад. Д.С. Коржинского. М.: ИГЕМ РАН, 7-9 октября 2009 г.

Рябчиков И.Д., Когарко Л.Н., Соловова И.П. Физико-химические условия магнообразования в основании Сибирского плюма по данным исследования расплавных микровключений в меймечитах и щелочных пикритах Маймеча-Котуйской провинции // Петрология. 2009. Т.17. №3. С.311-323.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ТОПАЗА, ИХ СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА

Балицкий В.С.¹, Шаповалов Ю.Б.¹, Балицкий С.Д.², Пушаровский Д.Ю.²

¹ИЭМ РАН, Черноголовка, balvlad@iem.ac.ru ²МГУ Москва, Россия,
sbalitskiy@gmail.com

Топаз издревле является одним из популярнейших драгоценных камней. Его монокристаллы из камерных и редкометалльных пегматитов и гидротермальных жил часто характеризуются высокой степенью совершенства и разнообразием окрасок. Вместе с тем, топаз остается одним из немногих драгоценных камней, для которых до настоящего времени не разработаны методы искусственного выращивания. В связи с решением этой проблемы нами были экспериментально изучены стабильность и изотермические реакции топаза и других минералов (кварц, каолин, пирофиллит, андалузит, мусковит, микроклин) с водными растворами KF и HF (концентрация от 10^{-4} до 10 м и от 0 до 1,0 м, соответственно) при температурах 300-600°C и давлении 100 МПа (Шаповалов, 1988). Одновременно исследовались особенности переноса кремнезема и глинозема в термоградиентных условиях во фторидных, хлоридных и щелочных растворах при температурах 500-780°C и давлениях 40-150 МПа, а также выяснялись возможности роста в таких условиях монокристаллов топаза (Balitsky, Balitskaya, 2001).

Было установлено, что для стабильности топаза в указанных реакциях растворы должны иметь высокую концентрацию HF ($3 \cdot 10^{-3}$ - $8 \cdot 10^{-1}$ м) и низкую концентрацию KF ($< 7 \cdot 10^{-3}$ м). С повышением температуры от 300 до 600°C поле стабильности топаза на диаграмме $\lg(m_{\text{HF}}) - \lg(m_{\text{KF}})$ сужается и смещается в область более высоких концентраций HF.

Показано, что в условиях прямого термоградиента перенос кремнезема и глинозема при растворении кварца, топаза и корунда может осуществляться в одном или противоположных направлениях, т. е. вдоль или против вектора температурного градиента. Эти направления зависят от термобарических параметров и состава растворов.

В целом, в результате проведенных исследований был впервые разработан метод выращивания монокристаллов топаза на затравку. Максимальную скорость роста (0,12 мм/сутки) кристаллы имеют в направлении [001]. Они характеризуются набором всех основных граней природного топаза, и имеют весьма близкие с ним физические свойства. Изначально бесцветные кристаллы под воздействием ионизирующего облучения (доза 6 Мегарад, источник ⁶⁰Co) окрашиваются в красновато-коричневый цвет, который при нагревании до 270-300°C трансформируется в голубой.

Дальнейшее усовершенствование разработанного метода может привести к созданию промышленной технологии выращивания синтетического топаза.

Литература

Шаповалов Ю.Б. Минеральные равновесия в системе $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{HF}$ при $T=300-600^\circ\text{C}$ и $P=1000$ бар // Очерки физико-химической петрологии. М.: Наука. 1988. 15. С.160-167.

Balitsky V.S., Balitskaya L.V. Experimental study of co-incident- and opposite-directed simultaneous transfer of silica and alumina in super-critical aqueous-fluoride fluids // J. High Pressure Research. 2001. 20. P. 325-331.

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕГДЕКАНСКОЙ РУДООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ.

Григоров С.А.

ОАО «УК «Полюс Геологоразведка», GrigorovSA@Polyusgeo.com, Москва, Россия.

Результативность геологических поисков и оценки рудных месторождений, прямо связана с адекватными представлениями недропользователя о морфоструктурном выражении и взаимоотношениях в иерархическом ряду рудообразующей системы (РС): рудный узел (РУ) – рудное поле (РП) – месторождение (РМ) – рудная залежь (РЗ). Это знание приводит к пониманию динамики рудообразующего процесса, дает геологическое обоснование для оценки полноты поисковой изученности объекта, включая прогнозирование «слепого» и скрытого оруденения. Для построения топологического ряда РС использован структурно-геохимический метод /1, 2/. Модель РС построена на базе данных геохимических поисков и разведки (по первичным ореолам), на площади Дегдеканского РУ, где локализовано и разведано Дегдеканское РП и месторождение.

Дегдеканский РУ расположен в Центрально-Колымской золотоносной области, включает в себя три РП – «Дегдеканское, «Гвардеец» и «Талгичан», и является типичным представителем мезотермальных объектов в богатейшей россыпной провинции Мира, в котором сочетается золотое оруденения золотосульфидной (убогой) и золотокварцевой формаций. РУ имеет симметричное строение, обусловленное температурной зональностью относительно более нагретого «ядра» материнской рудно-магматической (РМС) системы и отраженное в структуре геохимического поля, как типичными «центробежными» элементами – MnO , K_2O , $FeO+Fe_2O_3$, так и породообразующими (SiO_2) и рудными (Pb, Zn, Cu, As, Au, Sb и др.), формирующими ореолы в фазе «центробежного» и «центростремительного» развития рудообразующей системы (РС). В геолого-структурном отношении «ядро» РУ приурочено к области сочленения широтных и меридиональных тектонических структур, контролирующих размещение РП «Гвардеец» с преобладающим кварцево-жильным золотым оруденением. Дегдеканское и Талгичанское РП, размещены на западе и востоке от центра РУ. Золотое оруденение на флангах РУ контролируется северо-западными и северо-восточными тектоническими структурами и представлено преобладающим золотосульфидным типом. Наиболее полно изучено Дегдеканское РП, в составе которого на северном фланге разведано крупное Дегдеканское месторождение и прогнозируется «слепое» месторождение на южном фланге. По периметру РП окружено контрастными ореолами элементов, формирующих в структуре РП «центробежный тор», позволяющий локализовать пространство с рудными объектами на уровне месторождений. Дегдеканское месторождение, в свою очередь, имеет симметричное строение относительно «центростремительного» ядра, где размещен золотосульфидный штокверк, а на его периферии в единой системе *рудообразующей камеры*, расположены золотокварцевые жилы, образованные в фазе предрудного центробежного развития РС соответствующего уровня.

Выводы: 1. Дегдеканская рудообразующая система сформирована в границах РМС в процессах поступательно-возвратного (конвективного) энергомассопереноса, обусловившего циклическую дифференциацию минерального вещества на сопряженных уровнях рудного узла, рудного поля, месторождения и рудной залежи; 2. Рудные объекты иерархического ряда рудообразующей системы отражены в структурах геохимических полей соответствующих уровней, что позволяет оптимизировать ГРП на стадиях поисков и разведки.

Литература

Григоров С.А. Структурный метод интерпретации геохимических данных применительно к локализации ресурсов категории P_3 и P_2 . М.: Разведка и охрана недр, №4-5, 2008, с. 58-66.

Григоров С.А. Отражение в геохимическом поле рудообразующей системы, как объекта геохимических поисков. Материалы II Всероссийской конференции по прикладной геохимии. Воронеж, 2009, с. 36-42.

РОЛЬ ЭНДОГЕННОГО ФАКТОРА В ФОРМИРОВАНИИ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОЙ ЗОНЫ (ЮТЗ) НЕФТЕГАЗОАКОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КУЮМБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

Донцов В.В.¹, Бурлин Ю.К.¹, Лукин А.Е.²

¹МГУ им М.В.Ломоносова, Москва, Россия, ²УКРГРИ, Чернигов, Украина.

Основные запасы УВ ЮТЗ связаны с рифейской карбонатной толщей.

Длительное время она рассматривалась как нефтематеринская. Основанные на этой идее поисково-газведочные работы показывали весьма низкий результат. Важнейшей задачей вновь проведенных работ являлась оценка генерационного УВ потенциала капсулированного в карбонатах рифея твердоуглеродистого вещества. Куюмбинское нефтегазоконденсатное месторождение, приуроченное к своду ЮТЗ, представляет собой эталонный участок для реализации этих исследований. Оценка величин генерационного УВ потенциала рифейского комплекса базировалась на исследовании разных типов нефтидогенерирующих систем с расчетом их исходных УВ потенциалов. Особое внимание в процессе этих исследований было уделено изотопному составу углерода, водорода, азота и серы проб нефти, ее полярных фракций, а также УВ и неуглеводородным компонентам попутного газа. В итоге, были выявлены «нетрадиционные» объекты генерации УВ, их очаговая приуроченность и оценен их генерационный УВ потенциал. Особое внимание было уделено влиянию гипогенных факторов на «нетрадиционные» объекты нефтидогенеза, в т.ч. субвертикальных, спонтанно проявляющихся восходящих потоков высокотермальных флюидов, насыщенных водородом, метаном, углекислотой и иными компонентами.

Исследования попутного газа (30 проб) и нефти (20 проб) рифейской толщи включало хроматографию и масс-спектрометрию стабильных изотопов углерода метана $\delta^{12}C_{CH_4}$, $\delta^{13}C_{CH_4}$ и углекислого газа $\delta^{13}C_{CO_2}$, водорода метана δD и углерода и водорода нефти.

Корреляционные зависимости между содержаниями CH_4 и его гомологов, а также метана и неуглеводородных газов кардинально различаются между собой. В частности, в случаях зависимости метан-гомологи метана, отмечается положительная корреляция, а в случае зависимости метан – неуглеводородные газы – корреляционные связи отсутствуют. В то же время, между величинами CH_4 и CO_2 наблюдается тесная обратная зависимость при отрицательном коэффициенте корреляции $-0,917$. Возможное новообразование метана может происходить по известной реакции: $CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O$. Между величинами содержания метана и гелия корреляционная зависимость отсутствует ($K_k = 0,014$). Нет также корреляционных связей между неуглеводородными газами, что указывает на поступление их из не связанных между собой источников.

Явно «утяжеленный» изотопный состав C , H_2 попутного газа и нефти по сравнению с хорошо изученными в этом отношении НГБ явно свидетельствует в пользу существования мощного, глубинного, высокотемпературного очага нефтегазообразования.

Независимым подтверждением вывода о наличии, вероятного, глубинного источника (очага) УВ газа являются данные по изотопному составу водорода метана, которые отличаются от большинства традиционных нефтеносных районов. Результаты геолого-геохимических исследований рифейского продуктивного комплекса Куюмбинского месторождения, внесли важные коррективы в традиционные представления об источниках и механизме нефтидогенеза.

ВЛИЯНИЕ «МАЯТНИКОВЫХ» ДИСЛОКАЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ

Злобина Т.М.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия, ztatiana@igem.ru

Кинематический механизм «маятниковых» дислокаций установлен автором при изучении месторождения Большой Канимансур. Эти дислокации описаны тензорами деформаций, а по результатам тензорного анализа, показана связь этих дислокаций с динамическими режимами более высоких иерархических рангов [3]. Подобные дислокации проявляются в процессах синэргетического развития геодинамической системы и приводят ее к равновесию. Эти дислокации оказывали влияние на формирование структуры месторождения и морфологию рудных тел.

Размещение в земной коре разноглубинных магматических очагов в области активных разломов подтверждено данными по результатам изучения современной флюидной системы вулкана Кудрявый (Курилы). Здесь, с помощью специальных сейсмических исследований (МОВЗ и ГСЗ) выделены границы неоднородных комплексов пород, а также глубины распространения (от 4-8, 11-19 до 15-23 км) внутрикоровых флюидно-магматических очагов, находящихся в зонах глубинных разломов [1,2]. Реконструкция главных силовых векторов локальных полей по сейсмическим данным и стереогеометрический анализ последовательного изменения ориентировок этих векторов по времени фиксации сейсмических событий, позволили подтвердить проявление глубинного тектоно-физического механизма, подобного «маятниковому» (Канимансурскому) [4]. На глубинах 15-25 км, в области распространения магматической колонны, выявлен неоднократно повторявшийся кинематический процесс возвратного действия, обусловленный качанием плоскости ВС упругих деформаций. Промежуточные флюидно-магматические очаги располагаются или непосредственно в зоне проявления «маятниковых» дислокаций или выше. «Маятниковый» механизм может возмущать субстанцию этих очагов, способствовать порционному поступлению (затягиванию) флюидно-магматических масс в зону раздробленных горных пород. Транспорт флюидно-магматических масс большого объема и с больших глубин в верхние горизонты колонны рудно-магматической системы может поддерживаться мощным энергетическим потенциалом, сопоставимым с сейсмофокальным.

Модель Адрасман Канимансурской полиметаллической рудообразующей системы [5] предполагает существование трех ярусно расположенных верхнекоровых камер с рудоносными растворами – на глубинах 10-12 км, 25-28 км и у границы Мохо. Вскрытие этих камер и поступление растворов в сферу рудоотложения обусловлено прогрессивными дислокационными процессами (в том числе и маятниковыми) в палеосейсмофокальной зоне. Предполагается также, что минералого-геохимическая специализация отдельных месторождений Адрасман-Канимансурского рудного узла зависела от совпадения тектонических событий с разными периодами эволюции вещества флюидосборников, а «маятниковые» дислокации также способствовали распределению флюидов по проводникам - крупным сколам и контролировали области сферы рудоотложения в пределах одновременно раскрытых разломов.

Литература

Злобин Т.К. Вулканы и вулканические извержения. Курильские острова (Природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика). Ю-Сахалинск. Сахалинское книжное изд-во, 2004, с 119-141

Злобин Т.К. Строение земной коры и верхней мантии Курильской островной дуги (по сейсмическим данным). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987, 150 с

Злобина Т.М. Математические методы моделирования трещинных структур рудных месторождений. М., Наука, 1991, 128 с

Zlobina T.M., Znamensky V.S., Safonov Yu.G., Chernenchev V.F. Geodynamic regime of recent orogenic evolution in the Kuril island arc. //The 9th sympos. of IAGOD, abstr., v.2, Beijing, China, 1994

Сафонов Ю.Г., Бортников Н.С., Злобина Т.М., Чернышев В.Ф., Дзайнуков А.Б., Прокофьев В.Ю. Многометальное (Ag, Pb, U, Cu, Bi, Zn, F) Адрасман-Канимансурское рудное поле (Таджикистан) и его рудообразующая система. II: Физико-химические и геодинамические условия // ГРМ, 2000, том 42, №4, с 350-362

О ВЛИЯНИИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МАГМ, ФЛЮИДОВ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД НА РУДООТЛОЖЕНИЕ

Кига́й И.Н.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия, kigai@igem.ru

В представлениях о металлогенической специализации магм, развивавшихся в середине прошлого века, она связывалась с повышенными концентрациями металлов и нарастающим накоплением их в последовательных дифференциатах. Применительно к гидротермальным месторождениям это оправдалось только для Sn (Лугов и др., 1972, и др.) и не подтвердилось для W и Mo (Иванова, 1963; Шеремет и Козлов, 1981; Борсук, 1979, и др.). Тогда, в связи с экспериментально установленным разделением хлоридов и металлов в пользу водных флюидов относительно силикатных расплавов (Рябчиков и др., 1980, 1981; Малинин и др., 1989), возникли предположения, что для образования рудных скоплений достаточно кларковых содержаний металлов в родоначальных магмах. Но при этом не находила объяснения избирательность связи месторождений разных металлов с определенными типами магматических комплексов.

Этот недостаток был устранен в конце 1970-х г.г., когда С.Исихара (Ishihara, 1977, 1990) установил важнейшую роль fO_2 рудоносных магм в их металлогенической специализации, выделив гранитоиды ильменитовой и магнетитовой серий. Примерным рубежом раздела между сериями является фугитивность кислорода буфера QFM (Burnham, Ohmoto, 1980) или NNO (Wones, 1981). Для разделения серий можно использовать ряд физических и геологических признаков, например, магнитную восприимчивость пород, а для лейкогранитов - весовое отношение $Fe_2O_3 : FeO = 0,5$ в химических анализах.

Оказалось, что Sn месторождения связаны только с восстановленными гранитоидами ильменитовой серии, что было выявлено С.Исихарой для Японии и других стран Юго-Восточной Азии, а затем подтвердилось для всех оловоносных регионов Дальнего Востока России (Кига́й, 1989; Gonevchuk et al., 2009). Такая связь указывает на перенос олова исключительно в двухвалентной форме. Отлагается оно в рудах, как известно, в Sn^{4+} форме как в касситерите, так и в станнине – главных минералах оловянных руд. Поэтому, в отличие от большинства других металлов, Sn для отложения в рудах нуждается в окислении. Наиболее вероятным его окислителем в гидротермах оказывается As (Heinrich, Eadington, 1986). Противоположно поведение Mo. Его месторождения связаны исключительно с гранитоидами магнетитовой серии. Это указывает на перенос молибдена в Mo^{6+} форме при отложении в виде $Mo^{4+}S_2$. Из гранитофильных металлов W занимает промежуточное положение между Sn и Mo. Он переносится и отлагается в той же W^{6+} форме, поэтому может быть связан с гранитоидами обеих серий и ассоциирует как с касситеритом в виде вольфрамита, так и с молибденитом в виде молибдошеелита (K.Sato, 1980).

Многие другие рудные металлы (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Hg) и четвертичные месторождения серы, по данным С.Исихары для Японии, связаны с породами магнетитовой серии. Это, как правило, базитовые породы мантийного происхождения. Их магмы богаче, чем гранитоиды, сульфидной серой, которая при переносе вместе с Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg в виде комплексов типа $Me(HS)_n$ может служить осадителем металлов при изменении pH и T флюидов или разбавлении флюидов метеорными водами. Дополнительным источником серы для таких изначально недосыщенных ею магм часто служат глубоко захороненные эвапориты, которые обнаруживаются даже в породах гранулитовой фации.

Au^+ и Ag^+ для осаждения нуждаются в восстановлении, но при наличии в растворах Te и Se могут диспропорционировать, осаждаясь одновременно в виде как

самородных металлов, так и теллуридов и селенидов – калаверита AuTe_2 , сильванита AgAuTe_4 и др.

Своеобразно могут проявлять себя и богатые органическим веществом породы, из которых при $T \geq 300^\circ\text{C}$ растворами эффективно извлекается метан (Плюснина и др., 2009). Последний может служить осадителем U, Au, Ag и (через восстановление серы) Cu, Pb, Zn, если они не переносились одновременно с серой. При этом место рудоотложения будет зависеть не от мест залегания богатых органикой пород, а от структурных условий.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ОЛИВИНА МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО УЧАСТИЯ В ПЛАТИНО-МЕДНО-НИКЕЛЕВОМ РУДООБРАЗОВАНИИ

Лихачев А.П.

ФГПУ ЦНИГРИ МПР, alexanderlikhachev@rambler.ru

Рассматривается состав оливина (Ol) магнезиальных пород известных в Норильском районе рудоносных, сульфидоносных и бессульфидных магматических образований. Первые представлены пикритовым габбро-долеритом (Гп) Талнахского интрузива, вторые – Гп и троктолитовым (Гтр) габбро-долеритом Нижнеталнахской интрузии, а третьи – пикритовыми базальтами (Пб) (рис. 1, 2). В горизонте Гп Талнахского интрузива, содержащего от 5 до 10 мас.% и более сульфидов ср-рп-ро состава ($Ni_{Sul.} \sim 5$ мас.%, $\delta^{34}S = 8-12\%$), присутствуют три вида оливина (рис. 1): 1) с относительно высоким содержанием Mg и Ni (1), 2) обедненные Ni, но обогащенные Mg (2) и 3) обогащенные Ni и Fe и обедненные Mg (3). В Гтр и Гп Нижнеталнахской интрузии (рис. 2а), количество сульфидов (Sul.) в которой составляет менее 1–3 мас.% ($Ni_{Sul.} \leq 3$ мас.%, $\delta^{34}S = 5-7\%$), Ol характеризуется исключительно низким содержанием Ni ($NiO = 0,013-0,073$ мас.%) и относительно высоким Mg ($MgO = 35,36-42,86$ мас.%). Пб Талнахского рудного поля и района озера Аян отличаются высокими содержаниями и Mg, и Ni (рис. 2б, в).

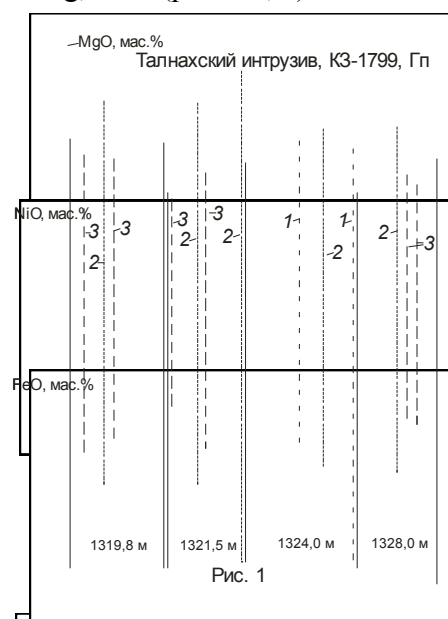


Рис. 1

MgO, мас.%	Пб	
NiO, мас.%	Тал.	Аян
Гтр+Гп		
Нижнеталнахская интрузия		
а	б	в

Рис. 2

Выводы: 1. Оливины с высоким содержанием Mg и Ni (рис. 1, 1; 2б, в) не подвергались влиянию сульфидов; обедненные Ni, но обогащенные Mg (рис. 1, 2) – контактировали с ликвационными (растворяющимися в магме) сульфидами ($Sul. \leq 3$ мас.%, $Ni_{Sul.} \leq 3$ мас.%, $\delta^{34}S = \leq 7\%$); обогащенные Ni и Fe и обедненные Mg (рис. 1, 3) – находились в ассоциации с богатыми Ni сегрегационными (не растворяющимися в магматическом расплаве) сульфидами ($Sul. > 5$ мас.%, $Ni_{Sul.} \geq 5$ мас.%, $\delta^{34}S = 8-12\%$).

2. Никель оливинов рассмотренных магматических образований не принимал существенного участия в накоплении рудного вещества норильских месторождений, представленного в основном сегрегационными сульфидами мантийного источника.

3. Магмы, потерявшие значительную часть Ni и других рудных компонентов в результате их перехода в присутствующую нерастворимую сульфидную фракцию ($D_{Ni}^{Sul. melt/Sil. magma} \geq 180$), после отсадки последней, непременно должны сохранять в себе растворенную серу (от 0,04 до 1,6 мас.%) и формировать породы, содержащие ликвационные сульфиды (≤ 2 мас.%). Поэтому не имеют реального смысла распространенные представления об экстракции рудных компонентов сульфидами из магм, сформировавших впоследствии бессульфидные породы, например, из

магмы надеждиной свиты в руды норильских месторождений.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЛАВНЕЙШИХ СУЛЬФИДНЫХ ПАРАГЕНЕЗИСОВ

Осадчий Е.Г.

ИЭМ РАН, euo@iem.ac.ru

Результаты экспериментальных исследований и применение методов физической химии, направленных на решение фундаментальных проблем генезиса рудных месторождений широко рассматриваются в известной монографии В.И. Смирнова «Геология полезных ископаемых» (Смирнов, 1969). Это было время первых и, во многом, основополагающих экспериментальных работ в области сульфидного рудообразования. В докладе рассматриваются современные исследования Лаборатории высокотемпературной электрохимии ИЭМ РАН в этой области.

Фундаментальное пирит – пирротинное равновесие (py-ro) впервые было изучено Тулминым и Бартоном (Toulmin and Barton, 1964) и нашло широкое применение в изучении рудных месторождений различного генезиса. Именно экспериментальный подход позволил получить количественные характеристики, связывающие активность серы с составом пирротина во всей области его существования при температуре выше 328°C и нормальном давлении. Новые данные по py-ro равновесию в системе Ag-Fe-S (Osadchii and Chareev, 2006) в температурном диапазоне 245-450°C и давлении 1-5000 бар были получены ЭДС методом с использованием твердых электролитов. Уточнено положение линии py-ro равновесия, параметры β - γ перехода в пирротине и получено уравнение $p(T)$ зависимости образования самородного серебра из ассоциации $Ag_2S+py+po$ (Чареев и др., 2006).

Главнейшие парагенезисы эпitherмальных золото - серебряных месторождений описываются системой Ag-Au-S-Se-Te в которой важнейшую роль играют анионные твердые растворы. В настоящее время изучены фазовые отношения и термодинамические свойства всех известных фаз (минералов) в тройных системах Ag-Au-S (Osadchii and Rappo, 2004), Ag-Au-Se (Osadchii and Echmaeva, 2006) и Ag-Au-Te (Ечмаева, Осадчий, 2009). На основе этих данных построены диаграммы относительного сродства золота, серебра и их сплавов к халькогену. Для главного минерала золота – Ag-Au сплава (электрума) приводятся впервые полученные данные по активностям серебра и золота во всем диапазоне составов при температурах 100-200°C и нормальном давлении.

Литература

- Ечмаева Е.А., Осадчий Е.Г. Определение термодинамических свойств соединений в системах Ag-Au-Se и Ag-Au-Te ЭДС методом. ГРМ (2009), **53** (3), 276-288.
- Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М. «НЕДРА», 1969.
- Чареев, Д.А., Осадчий, Е.Г., Шаповалов, Ю.Б., Бортников, Н.С., Жданов, Н.Н., Определение эдс методом параметров образования самородного серебра в системе Ag-Fe-S при 518–728 К и общем давлении 1–5000 бар, Доклады РАН, **410**(5), (2006), 668-671.
- Barton, P.B., Toulmin, P., 1964. The electrom-tarnish method for the determination of the fugacity of sulfur in laboratory sulfide system. *Geochim. Cosmochim. Acta* **28**, 619–640.
- Osadchii, E.G., Chareev, D.A., Thermodynamic studies of pyrrhotite–pyrite equilibria in the Ag–Fe–S system by solid-state galvanic cell technique at 518-723 K and total pressure of 1 atm, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **70**, (2006), 5617-5633.
- Osadchii E. G. and Echmaeva E.A. The system Ag-Au-Se: Phase relations below 405 K and determination of standard thermodynamic properties of selenides by solid-state galvanic cell technique. *Am. Mineral.*, (2007), **92** 640-647.

Osadchii, E.G., Rappo, O.A., Determination of standard thermodynamic properties of sulfides in the Ag-Au-S system by means of a solid-state galvanic cell, *Am. Mineral.*, **89**, (2004), 1405-1410.

Toulmin III, P., Barton Jr., P.B., 1964. A thermodynamic study of pyrite and pyrrhotite. *Geochim. Cosmochim. Acta* 28, 641–671.

ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Прокофьев В.Ю.², Бортников Н.С.¹, Зорина Л.Д.²

¹ИГЕМ РАН, Москва, Россия, vpr@igem.ru, ²ИГХ СО РАН, Иркутск, Россия

За долгую историю изучения геологического строения Восточного Забайкалья металлогенические концепции распределения в нем месторождений золота многократно менялись. С.С. Смирнов (1936) выделил в металлогенические пояса – оловянно-вольфрамовый, молибденово-золотой, полиметаллический. Золотое оруденение он связывал с верхнеюрским этапом. Коренные месторождения золота Забайкалья С.С. Смирнов относил (по минеральному составу) к разным типам – кварцевому (Верхне-Ононские месторождения), сульфидно-кварцевому (Дарасун), кальцитово-кварцевому (Балей) и арсенопирит-полиметаллическому. Ю.А. Билибин выделил ряд интрузивных и связанных с ними эндогенных минеральных комплексов и определил структурно-металлогенические зоны, которые формировались в последовательные этапы магматической и гидротермальной деятельности. Группой исследователей под руководством И.Н. Томсона обосновано представление о сводово-глыбовом строении Забайкалья и автономном тектоно-магматическом развитии и металлогении отдельных блоков.

Региональное изучение гранитоидного магматизма привело П.В. Коваля (1998) к выводу о широком развитии в Восточном Забайкалье флюидно-магматических систем с медно-молибден-порфировым оруденением, экономическое значение которых широко известно. Магматическая обстановка в таких системах отличается длительным развитием и сочетанием предшествующего гранитоидного магматизма, на который накладываются вулканические трахибазальт-трахиандезитовые и собственно порфировые магматические образования.

Обнаружение флюидных включений высокотемпературных хлоридных рассолов в ассоциации с существенно газовыми включениями (что характерно для медно-порфировых месторождений) в раннем кварце рудных жил месторождения золота Дарасун (Прокофьев, Зорина, 1991; 1994; 1996; Prokofyev, Zorina, 1992) выявило сходство объекта с медно-порфировыми месторождениями. Позднее было показано, что месторождение Дарасун имеет комплекс геолого-минералогических признаков медно-порфировых месторождений (Прокофьев и др., 2000). Поскольку Дарасун представляет один из двух основных типов золоторудных месторождений в Забайкалье, можно говорить о новом типе золотого оруденения в регионе. Сходный флюидный режим имел место на ряде других месторождений Забайкалья: Карийском (Прокофьев и др., 1994; 1997), Талатуй (Прокофьев и др., 2005; 2007), Теремкинском (Prokof'ev et al., 2003; Прокофьев и др., 2004). Новые данные о раннемеловом возрасте формирования рудных жил месторождения Дарасун (Прокофьев и др., 2006) сближают его по времени формирования с Балейским месторождением в один раннемеловой этап, совпадающий с региональным рифтогенезом. В этом случае наличие разнотемпературных минеральных ассоциаций на различных золоторудных месторождениях должно быть связано с различием по глубине формирования руд или расстояния от магматического очага, служащего источником тепла и рудообразующих флюидов. Предложена модель вертикальной зональности единой флюидно-магматической (порфирово-эпитептермальной) рудообразующей системы, в которой разные типы золоторудных месторождений формируются на разных уровнях глубинности от магматического очага. (Прокофьев и др., 2008; Prokofiev et al., 2009). Новый взгляд на металлогению золота Забайкалья имеет теоретические и практические следствия.

НОВАЯ ТЕОРИЯ БОГАТОГО ФЛЮИДНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ «УГЛЕКИСЛОТНОЙ ВОЛНЫ»

Ройзенман Ф.М.

Существующая уже более 70-ти лет теория флюидного рудообразования, основанная на экспериментах по растворимости компонентов в чистой воде, не в состоянии ответить на ряд важнейших вопросов: 1) в чем специфика богатого рудообразования, 2) проблема обратимости минерало- и рудообразования, 3) проблема его скачкообразности, 4) причины кислотно-щелочной эволюции минералообразующих растворов, 5) роль крупных разломов в рудообразовании, 6) проблема образования крупнокристаллического сырья. Из-за указанных недостатков существующая теория флюидного рудообразования не позволяет разработать эффективные методы прогноза месторождений. На основе термобарогеохимических и геологических исследований 40-ка месторождений 18-ти полезных ископаемых (цезия, меди, никеля, флогопита, мусковита, графита и др.) автором разработана принципиально новая теория флюидного рудообразования. В новой теории **установлено, что на фоне снижения температуры богатое рудообразование происходило под воздействием колебательного, волнообразного изменения концентрации CO_2 (CCO_2) в рудообразующих растворах (явление «углекислотной волны»)**. В «углекислотной волне» отмечаются два крупных пика CCO_2 (до 12 моль/кг H_2O) при температурах 340° и 180°С. При снижении температуры минералообразующих растворов с 600° до 100° выделяются 5 стадий: 1) 600-380° – при низких концентрациях раствора и самопроизвольном образовании зародышей минералов - рассеянное оруденение (первая стадия бедного оруденения); 2) 380-280° – в связи с резким увеличением CCO_2 и многократным (до 200 раз) увеличением растворимости компонентов, происходило их растворение (первая стадия растворения); 3) 280-220° – за счет резкого снижения CCO_2 при сравнительно низких пересыщениях раствора - кристаллизация минералов, с образованием богатых (в том числе – крупнокристаллических) руд (первая стадия богатого рудообразования); 4) 220-140° – за счет еще одного резкого увеличения CCO_2 происходило растворения ряда компонентов: ртути, мышьяка и др. (вторая стадия растворения); 5) ниже 140° – на фоне снижения CCO_2 – вторая стадия богатого рудообразования (киноварь, антимонит и др.). Установлено, что «углекислотная волна» и связанное с ней богатое оруденение происходили только в **закрытых** геологических структурах. С использованием «углекислотной волны» разработаны и успешно применены новые термобарогеохимические критерии прогноза рудных тел. **Новые критерии позволяют прогнозировать местоположение рудного тела, его размеры, содержание и качество минерального сырья**. Указанные критерии использованы при открытии и промышленной оценке 18-ти промышленных тел 10-ти полезных ископаемых. Представляется перспективной дальнейшая разработка новой теории рудообразования и основанных на ней прикладных методов.

ГИДРОГЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РУДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ СТРАТИФОРМНЫХ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩАХ.

Ручкин Г.В., Донец А.И.
(ЦНИГРИ)

Главные отличительные особенности рассматриваемых месторождений, кроме особенностей минерального состава руд, это стратиформность рудных тел и устойчивая приуроченность к карбонатным толщам геологических формаций, слагающих осадочные бассейны, которые размещаются на стабильных (кратонных) блоках и, как правило, характеризуются отсутствием проявления плутонизма.

Происхождение этих месторождений в течение десятилетий остается дискуссионной проблемой, по которой высказаны многочисленные, часто противоречивые точки зрения. Представления о сложном полигенном и полихронном формировании руд стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах впервые наиболее полно были сформулированы В.И.Смирновым. Они предусматривали широкое участие в рудообразовании горячих металлоносных растворов немагматического происхождения.

Авторами на основе концепции гидрогенного рудообразования разработаны геолого-генетические модели месторождений. Разработанные модели связывают накопленные за последние десятилетия знания как о закономерностях размещения месторождений в земной коре, так и физико-химических, термо- и гидродинамических обстановок формирования термальных металлоносных хлоридных рассолов, которые являются конечным членом эволюции природного ряда седиментогенных вод различного генезиса.

Стратиформные свинцово-цинковые руды – производные эксфильтрационных систем, хлоридные рассолы которых мобилизовали рассеянное рудное вещество глубоких горизонтов осадочных бассейнов. Необходимые для формирования руд объемы и температуры рудоносных флюидов обеспечиваются сосредоточенными потоками термальных хлоридных рассолов.

Главным фактором, контролирующим образование эпигенетических свинцово-цинковых рудных залежей, является взаимодействие кислых металлоносных рассолов с гидрогеохимическими сероводородными барьерами или гидравлическими завесами. При сосредоточенной разгрузке металлоносных рассолов по транзитным зонам на дно бассейнов карбонатного осадконакопления и необратимого взаимодействия рассолов и морских вод, смешивающихся в различных пропорциях образуются сингенетические осадочно-эксфильтрационные рудные тела.

ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПАЛЕОЗОЙСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЭПОХИ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

Савва Н.Е.

СВКНИИ ДВО РАН, Магадан, Россия savva@neisri.ru

В геологической истории Северо-Востока России выделяются три эпохи серебряного оруденения, связанные с периодами магматической активизации (Умитбаев, 1986; Лычагин, Дылевский, Шпикерман и др., 1989). Самая древняя – палеозойская связана с девон- карбоновой тектоно-магматической активизацией установленной на Омолонском срединном массиве. Наиболее ярко золото-серебряное оруденение этой эпохи представляют месторождения Кубака, Ольча, Юное, Биркачан, Дубль, Магнитное.

Для палеозойского оруденения золото-серебряной формации на Омолонском срединном массиве выделено два типа или субформации (В.Н.Егоров, 2004): золотой (отношение золота к серебру как 1:1 - 1:5) и золото-серебряный (отношения золота к серебру 1:10-20 и более). Руды локализованы в телах жильного и прожилково-жильного типа и сопровождаются ореолом рудоносных метасоматитов различной мощности. Рудные тела располагаются в пределах выходов вулканитов кедонской серии или субвулканических тел экструзиях и субвулканах кислого состава, иногда в подстилающих их трахиандезитах. Структурно оруденение приурочено к локальным вулканоструктурам; обычно это краевые части крупных депрессий или просядок (депресссионного этапа развития), осложненные экструзивно-купольными поднятиями или вулканическими куполами, в ядерной части которых обнажаются субвулканические тела кислого состава.

Наиболее изученные палеозойские Au-Ag месторождения Омолонского срединного массива

Месторождение	Вмещающие толщи	Au:Ag	Сульфидность руд
Золотая субформация			
Кубака	Андезиты кедонской серии (D ₃ -C ₁) и риолиты (K ₁)	4:1-1:1	Менее 0,5%
Биркачан	Силлы и субвулкны риолитов гурникской и кедонской свит (D ₃ -C ₁)	1:5	1-2%
Магнитный	Андезиты и трахидациты и (D ₃)	1:1	2-3%
Ольча	Ксенотуфы риолитов (D ₂₋₃ и J ₃ ?)	1:5	1-2%
Золото-серебряная субформация			
Юный	Риолиты и туфы риолитов (D ₂₋₃)	1:20	3-5%
Инняга	Риолиты (D ₂₋₃)	1:50	2-3%
Дубль	Лавы и разнообломочные туфы андезитов (D ₂₋₃)	1:30	3-5%

К типоморфным особенностям палеозойской золото-серебряной минерализации можно отнести:

- практически повсеместный полихронный характер рудоотложения;
- низкую до убогой сульфидность руд;
- двумодальное распределение пробности самородного золота;

- низкое золото-серебряное отношение – от 4:1 до 1:30;
- отложение арсенопирита после полисульфидов и самородного золота;
- широкое распространение среди минеральных видов серебра его медных и железных колчеданов групп маккинстриита-ялпаита и штернбергита-штроейерита

РЕИДНАЯ ТЕКТОНИКА И РУДООБРАЗОВАНИЕ В МАНТИЙНЫХ УЛЬТРАБАЗИТАХ

Савельев Д.Е., Савельева Е.Н., Сначев В.И.

ИГ УНЦ РАН, г.Уфа, savl71@mail.ru

На широкое развитие реидной тектоники или тектонического течения в породах консолидированной коры в последние годы обращают внимание все большее число исследователей (Лукьянов, 1991; Леонов, 2008 и др.). Мобильность пород верхней мантии также в течение длительного времени постулируется в разнообразных моделях мантийной конвекции (Пушаровский и др., 1989 и др.). Вместе с тем, анализируя механизмы деформации минералов ультрабазитов (Щербаков, 1991 и др.), исследователи практически не рассматривают влияние реидного метаморфизма пород на дифференциацию вещества.

К настоящему времени накопился обширный фактический материал по геологии и петрографии альпинотипных ультрабазитов и хромититов, который заставляет интерпретировать их генезис как неразрывно связанный с тектоническим течением в верхней мантии (Савельев и др., 2008). В частности, установлено, что оливин ведет себя как более пластичный по отношению к энстатиту, внедряясь в последний вдоль трещин скола и отрыва, следствием чего может быть тектоническая дифференциация с обособлением мономинеральных «слоев» дунита. Хромшпинелиды при выплавлении более легкоплавких пироксенов также концентрируются в существенно оливиновых породах, а при интенсивном течении происходит их сегрегация в тела преимущественно линейной формы. При изучении вкрапленных хромититов почти повсеместно фиксируются текстуры течения, часто рост агрегатов происходит за счет вращения. Рудные скопления всегда связаны с дунитами, причем объемные соотношения хромитит – дунит, масштабы рудообразования и содержание хромшпинелидов в рудных телах очень сильно варьируют. При этом, по петрографическим и геохимическим характеристикам рудовмещающие и безрудные ультрабазиты практически не отличаются, месторождения не сопровождаются геохимическими ореолами.

Образование месторождений хромитов в мантийных ультрабазитах носит эволюционный характер и неразрывно связано с течением вещества верхней мантии в кристаллическом состоянии. В результате частичного плавления мантийных перидотитов происходит мобилизация хрома из силикатной формы в окисную. При течении кристаллического рестита образуются рудные сегрегации. В рифтогенных обстановках происходит преимущественно накопление новообразованных хромшпинелидов и формирование линейных тел вкрапленных руд. При смене геодинамического режима, в обстановке сжатия, максимально проявляется метаморфическая дифференциация с образованием рудных тел сложной морфологии.

Литература

- Леонов М.Г. Тектоника консолидированной коры. М.: Наука, 2008. 457 с.
Лукьянов А.В. Пластические деформации и тектоническое течение в литосфере. М.: Наука, 1991. 144 с.
Пушаровский Ю.М., Новиков В.Л., Савельев А.А., Фадеев В.Е. Неоднородности и конвекция в тектоносфере // Геотектоника, 1989, № 5. с. 3-13.
Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 320 с.
Щербаков С.А. Пластические деформации ультрабазитов офиолитовой ассоциации Урала. М.: Наука, 1990. 120 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАГЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮВЕЛИРНОГО КОРУНДА

Сорокина Е.С.¹, Балицкая О.В.²

Российский Государственный Геологоразведочный Университет,

¹elensorokina@mail.ru, ²ovbalitskaya@mail.ru

Происхождение корунда представляет собой одну из дискуссионных тем минерагении. Кроме того, при обсуждении теорий образования корунда в щелочных базальтах и мраморах спорным является вопрос об источнике свободного глинозема.

Исследованы около 600 образцов корунда различных месторождений (коллекции ГГМ имени В.И. Вернадского РАН и ММ имени А.Е. Ферсмана РАН). Морфология кристаллов, особенности их твердофазных включений позволили сделать предположение о сходстве условий формирования некоторых месторождений ювелирного корунда (например, Могок в Мьянме и Морогоро в Танзании).

Анализ литературного и фактического материала позволил авторам выявить общность геодинамической локализации месторождениям корунда вдоль зон активных окраин палео- и современных континентов, а также складчатых областей. Практически все известные месторождения корунда были систематизированы по возрасту и типу вмещающей породы. Вмещающими породами ювелирных разновидностей корунда в большинстве случаев являются скарны, метасоматиты, щелочные базальты и мрамора.

Бемит (AlOОН) является характерным включением в корундах большинства месторождений [3, 5] и локализован на пересечении плоскостей двойникования (10-11) кристаллов [3]. Этот факт позволил сделать предположение, что бемит мог играть роль затравки при росте кристаллов корунда, а источником свободного глинозема и хрома являлись карстовые бокситы. Д. Бардошши в 1981 г. [4] отмечал увеличение геологического возраста бокситов в ряду: гиббситовые – бемитовые – диаспоровые бокситы. Таким образом, разновозрастным месторождениям ювелирных Cr-окрашенных корундов, возможно, соответствуют свои минеральные ассоциации бокситов (диаспоровая или диаспор-бемитовая минеральные ассоциации).

Стабильность фазы корунда по отношению к минералам бокситов была изучена А. А. Levinson & F. A. Cook в 1994 г. [2], К. Вуратта & М. Yoshimura в 2001 г. [1] и др. По данным [2] корунд стабилен при температуре 400 – 800° С и давлении 7 – 17 Кбар. В эти пределы попадает термобарогradient образования вмещающих пород Cr-окрашенного корунда – мраморов. По данным [1] фаза корунда гомогенна при температуре выше 400° С и давлении 13,3 – 40 Кбар. В этом диапазоне находится термобарогradient образования других вмещающих пород Cr-окрашенного корунда – щелочных базальтов.

Дальнейшее изучение минералогии корунда перспективно для решения проблемы генезиса его месторождений и геохимических особенностей образования.

Авторы выражают глубокую благодарность руководителям и сотрудникам ГГМ имени В.И. Вернадского РАН, ММ имени А.Е. Ферсмана РАН и ФГУП «ВИМС» за предоставленную возможность просмотра коллекций корундов и подробные консультации по теме работы.

Литература

Вуратта К., Yoshimura М. Hydrothermal technology for the crystal growth. NY: William Andrew Publishing, 2001. P. 875.

Levinson A.A., Cook F. A. Gem corundum in alkali basalt: origin and occurrence. // Gem & Gemology. GIA, Winter 1994. P. 253 – 262

Schmetzer K. Natürliche und synthetische rubine. Stuttgart, 1986. P. 131.

Бардошши Д. Карстовые бокситы. М.: Мир, 1981 г. С. 455.

Сорокина Е. С., Хомрач М. В., Балицкая О. В. Использование особенностей включений для определения типов месторождений рубина. // Годичное собрание РМО 2009. Мат-лы конференции. СПб, 2009. С. 125 – 127.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Ткачев А.В.

ГГМ РАН, г. Москва, tkachev@sgm.ru

До сих пор в литературе никогда не поднимался вопрос о цикличности процессов рудопродуктивного пегматитогенеза в земной коре. В результате специальных исследований автору удалось наметить, по крайней мере, два таких ряда цикличности. Было установлено, что абсолютные максимумы интенсивности попадают в следующие интервалы (млрд лет): 2.65-2.60, 1.90-1.85, 1.00-0.95, 0.55-0.50 и 0.30-0.25. Если исключить интервал 0.55-0.50 млрд лет, то остальные находятся на расстоянии 0.8 ± 0.1 млрд лет, т.е. формируют квазирегулярную цикличность. С другой стороны, выпавший из этой последовательности пик 0.55-0.50 вместе с более слабыми пиками второго порядка (млрд лет) 1.20-1.15, 2.10-2.05 и 2.85-2.80 формируют ряд с практически такой же продолжительностью цикла, как и у первого ряда максимумов. Примечательным является факт, что максимумы второго ряда формируют пегматитовые поля, локализованные только в «гондванской» группе континентов. Максимумы первого ряда более универсальны, но «вклад» пегматитовых полей континентов «лавразийской» для них более существенен. То есть существует некоторая асинхронность в проявлении пегматитогенеза в орогенах этих двух групп континентальных блоков.

Сопоставление этих результатов с имеющимися в современной геологии представлениями о росте континентальной коры и суперконтинентальных циклах позволяет утверждать, что все основные периоды генерации месторождений гранитных пегматитов приходятся на время собирания суперконтинентов. При этом интервалы 2.65-2.60 и 1.90-1.85 млрд лет совпадают с завершающими фазами импульсов самого интенсивного роста ювенильной континентальной коры в истории Земли. В более молодые эпохи столь же интенсивных всплесков в скорости роста ювенильной континентальной коры больше не наблюдалось – этот процесс происходил волнообразно, но при сильно сглаженной форме кривой. Однако процесс генерации пегматитовых месторождений в орогенах имел не менее, а даже более значительные всплески интенсивности и в неопротерозое, и фанерозое, которые совпали с самыми поздними орогеническими фазами при формировании суперконтинентов Родиния, Гондвана и Пангея. Из всего этого следует, что среди источников материнских гранитов в постратнедокембрийских орогенах древняя кора и продукты ее разрушения должна была доминировать в большей степени, чем это было в архее и палеопротерозое. Если к этому добавить наблюдение об укорочении с течением времени «пустых» промежутков между импульсами формирования пегматитовых месторождений, а начиная с рубежа 0.6 млрд лет, при шаге генерализации 50 млн лет, полное отсутствие таких интервалов на диаграмме, то можно предположить, что эта интенсификация пегматитогенеза обусловлена достижением к этому рубежу блоками континентальной коры на Земле критического значения своей суммарной площади, которое обеспечивало почти в любой период времени, кратный 50 млн лет (для большей части фанерозоя и при кратности 25 млн лет) взаимодействие какой-то части этих блоков с образованием орогенных поясов и, как следствие, формирование пегматитовых месторождений.

ГЛУБИННО-ФИЛЬТРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАФТИДОГЕНЕЗА И НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ НЕФТЕГАЗОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В СИБИРИ

Харахинов В.В., Шленкин С.И.

ООО «Славнефть-НПЦ»

В докладе приведены результаты изучения Курумбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазонакопления, представляющего собой, в основном, гигантский рифейский трещинный массив, содержащий крупнейшее скопление углеводородов Восточной Сибири. Особенности строения и нефтегазоносности определены флюидодинамическими процессами в земной коре и верхней мантии. Даны основные принципы глубинно-фильтрационной модели нафтидогенеза и нефтегазонакопления в древних и древнейших толщах Сибирской платформы и приведены результаты применения её при нефтегазогеологических исследованиях в Восточной Сибири.

Курумбинско-Юрубчено-Тохомский (КЮТ) ареал нефтегазонакопления, в состав которого входят такие нефтяные гиганты, как Курумбинское и Юрубчено-Тохомское, был выявлен в 1973г. В дальнейшем геологоразведочными работами был обособлен обширный нефтегазоносный район общей площадью почти 20 тыс. км², основные запасы нефти и газа которого связаны с отложениями рифея, частично венда.

В последнее десятилетие в ходе проведённых ОАО «НГК «Славнефть» исследований с применением современных технологий при обработке и интерпретации сейсморазведочных данных (новых и переобработанных старых) в комплексе со скважинной информацией удалось создать адекватные региональные и зональные модели рифейской структуры Курумбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазонакопления.

Рифейские комплексы района, существенно отличающиеся по строению от вышележащих плитных венд-нижнепалеозойских толщ и характеризующиеся интенсивной деформированностью, формируют крупные рифтогенные и межрифтовые структурные элементы, образующие гигантский трещинный массив (природный резервуар) под предвендской эрозионной поверхностью.

Структура и уровень ёмкостных характеристик трещинного пространства, контролирующего степень его насыщенности углеводородами, определяются разломной тектоникой.

Современные пространственные сейсмические наблюдения при глубокой обработке полученных данных позволили формировать как объёмные (3D), так и профильные (2D) сейсмические изображения геологической среды отдельных участков района работ с высокой детальностью. При этом наряду с определением кинематических и динамических характеристик поля отражённых волн, несущих основную информацию о строении среды, производился целенаправленный анализ исходных данных для выделения и локализации в разрезе акустически неоднородных зон различной природы. К ним следует отнести дизъюнктивы различного типа, в том числе и безамплитудные, интервалы повышенной трещиноватости и кавернозности пластов-коллекторов, зоны деструкции и другие объекты, слабо заметные в поле отражённых волн, но обнаруживаемые по различным параметрам рассеянных волн.

В целом деструктивная тектоника определяет характер внутреннего строения рифейского природного резервуара района работ и формирования зон аномальной трещиноватости резервуаров.

Как показывают результаты испытания скважин, уровень нефтегазопродуктивности в границах КЮТа обусловлен изменчивостью фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) рифейского мегарезервуара, зависящей от степени его дезинтегрированности, определяемой в основном, архитектурой разломной тектоники и субвертикальных зон дезинтеграции. Наиболее высокопродуктивными оказались скважины, пробуренные в пределах дезинтегрированных фрагментов рифоподобных строматолитовых построек в различных сейсмокомплексах.

Рифоподобные строматолитовые постройки, в силу их расположения над глубинными зонами дезинтеграции - основными каналами вертикальной миграции флюидов и значительной дезинтегрированности из-за высокого содержания кремнистого материала (восприимчивого к трещинообразованию), являются главными нефтегазоаккумулирующими элементами КЮТа и его составных частей.

Транспортировка мощных потоков флюидов происходила из нижних слоёв коры и, возможно, верхней мантии.

Полученные данные на основе проведённых А.Е. Лукиным и В.В. Донцовым аналитических исследований более 300 проб kernового материала и шлама, отчетливо показали, что исходного генерационного УВ потенциала нефтематеринских толщ, также как и других глинисто-карбонатных, потенциально материнских объектов (пластов и пропластков) в разрезах рифея, явно недостаточно для обеспечения имеющихся на балансе ГКЗ запасов УВ сырья. В этой ситуации весьма остро встал вопрос поиска и обоснования новых, альтернативных традиционным, базирующимся на постулатах осадочно-миграционной теории (ОМТ), источников поступления УВ. В процессе детального исследования керна установлено, что в разрезах рифея весьма мощным потенциальным УВ ресурсом обладают твердые нефтиды (асфальтены-асфальтениды), локализованные в сообщающихся кавернах, капсулах и трещинных системах. Эти нефтиды в изобилии насыщают отдельные интервалы разрезов рифейского комплекса. Можно предполагать, что эти зоны высокой концентрации твердых нефтидов под влиянием глубинных, спонтанно восходящих, высокотермальных метаново-водородных потоков играют важную нефтидогенерирующую роль в процессах формирования залежей УВ в рифейском комплексе.

Признаки внедрения глубинных и сверхглубинных флюидов, представленные микро- и наночастицами самородных металлов, интерметаллических соединений, природных твердых растворов и сплавов, отмечены практически во всех изученных А.Е.Лукиным и В.В.Донцовым образцах из многих скважин Куymbинского и Юрубченского месторождений.

Развитие нефтегазовой геологии КЮТа связано как с изменением подходов к научно-методическому прогнозу, так, по сути, и с созданием новой парадигмы поисков углеводородов.

Существующая идеология поисков углеводородов достаточно эффективна в хорошо изученных районах на начальных этапах поисковых работ. По мере исчерпания простых ловушек нефти и газа, при переходе к нетрадиционным резервуарам, становится очевидным, судя по полученной в последние годы геолого-геофизической информации, что существующая парадигма нуждается не только в усовершенствовании, но, может быть, и в замене. Основой новой парадигмы нефтегазовой геологии должна стать глубинно-фильтрационная модель нефтегазонакопления.

В настоящем докладе приводятся некоторые факты о контроле большинства скоплений углеводородов проницаемыми дренажными системами крупных разломных структур, по которым из глубин поступают высокоэнергетические флюидные потоки,

вызывающие геосинергетические процессы нефтидогенеза и нефтегазонакопления. В этом случае процедура поисков углеводородных скоплений должна начаться с выявления таких гидродинамических источников. Важнейшими условиями возникновения месторождений нефти и газа при этом являются: проницаемость среды, наличие глубинных флюидопотоков, существование благоприятных резервуарных условий.

Особенности строения и нефтегазоносности Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазонакопления позволяют прогнозировать его значительный, ещё окончательно недооценённый нефтегазовый потенциал. Кроме того, выявленное А.Е.Лукиным сходство КЮТа с американским супергигантом Панхендл-Хьюгтон с извлекаемыми запасами газа свыше 2 трлн. м³ и нефти 191 млн.т, подтверждает этот вывод. В настоящее время разведанные извлекаемые запасы нефти КЮТа составляют около 780 млн.т. При дальнейшей разведке есть все предпосылки открытия крупных нефтяных залежей в продуктах дезинтеграции гранитов в пределах разуплотнённых выступов гранито-гнейсового «фундамента», занимающих значительное пространство района. Кроме того, крупные залежи могут быть обнаружены в пределах неизученной геологоразведочными работами территории КЮТа и в нижних структурных этажах рифейского мегарезервуара. Прогнозируемый извлекаемый ресурсный потенциал КЮТа равен (вместе с разведанными запасами) 2 млрд. т условного топлива.

РОЛЬ МАГМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ОБРАЗОВАНИИ ТАНТАЛОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ГРАНИТАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Чевычелов В.Ю., Зарайский Г.П.

Черноголовка, Институт экспериментальной минералогии РАН, chev@iem.ac.ru
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ – гранты №№ 08-05-00865, 08-05-00835 и «Ведущей научной школы» – НШ-3763.2008.5.

В последние годы появляется все больше геологических и экспериментальных свидетельств того, что тантал-ниобиевое оруденение в редкометальных литий-фтористых гранитах (месторождения Орловское, Этыкинское и другие) в значительной степени связано с магматическим этапом формирования этих гранитных массивов (Чевычелов и др., 2005). Для моделирования возможных условий образования танталовых месторождений получены количественные экспериментальные данные по растворимости колумбита $(\text{Mn,Fe})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ в водонасыщенном обогащенном Li и F гаплогранитном расплаве в широком диапазоне изменения давления (30-400 МПа), температуры (650-850°C) и глиноземистости-щелочности расплава (исх. мол. $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ - 0.64, 1.1 и 1.7).

Установлено, что состав расплава оказывает сильное влияние на растворимость колумбита. В щелочном расплаве растворимость максимальна. В расплаве близнормального состава предельные содержания Ta и Nb уменьшаются на порядок и более и, наконец, в обогащенном глиноземом расплаве эти содержания часто снижаются еще в 2-6 раз. При этом в щелочном расплаве выше концентрация Nb, а в глиноземистом – Ta. Температурная зависимость растворимости положительная, но выражена слабее, чем влияние состава. Она наиболее заметно проявлена в расплаве близнормального состава, в котором с понижением температуры предельные концентрации Ta и Nb уменьшаются от ~0.5-0.8 до 0.14-0.05 мас. %. Nb/Ta отношение в расплаве с понижением температуры, как правило, уменьшается. Влияние давления на растворимость в изученном диапазоне 30-400 МПа слабо выражено. Однако с уменьшением давления до 30 МПа максимальные содержания Ta и Nb в гранитных расплавах могут уменьшаться в 3-6 раз (Чевычелов и др., 2010).

Экспериментально полученные количественные данные по распределению Ta и Nb между водным фторидным флюидом и гранитными расплавами показывают, что с понижением температуры Nb и, в особенности, Ta до конца сохраняются в магматическом расплаве, все более в нем концентрируясь и не переходя во флюид. Этот вывод важен для объяснения условий образования танталовых месторождений, так как накопление Ta и Nb в остаточном расплаве может приводить к кристаллизации тантало-ниобатов (преимущественно колумбита) непосредственно из значительно раскристаллизованного низкотемпературного силикатного расплава (Бородулин и др., 2009). А образование руд происходит в результате концентрирования Ta за счет переотложения тантало-ниобатов водными фторидными флюидами при альбитизации и грейзенизации пород в верхней части куполов Li-F-гранитов.

Литература

Чевычелов В.Ю., Зарайский Г.П., Борисовский С.Е., Борков Д.А. Влияние состава расплава и температуры на распределение Ta, Nb, Mn и F между гранитным (щелочным) расплавом и фторсодержащим водным флюидом: фракционирование Ta, Nb и условия рудообразования в редкометальных гранитах // Петрология, 2005. том 13. № 4. С. 339-357.

Бородулин Г.П., Чевычелов В.Ю., Зарайский Г.П. Экспериментальное исследование распределения тантала, ниобия, марганца и фтора между водным фторсодержащим

флюидом и гранитным и щелочным расплавами // «Доклады Академии Наук». 2009. том 427. № 2. с.233-238.

Чевычелов В.Ю., Бородулин Г.П., Зарайский Г.П. Растворимость колумбита $(\text{Mn,Fe})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ в гранитоидных и щелочных расплавах при 650-850°C и 30-400 МПа: экспериментальные исследования // «Геохимия». 2010. № 5. (в печати).

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТО-РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ЖИЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШКОЛЬНОЕ (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)

Чернова А.Д.¹, Волков А.В.², Горячев Н.А.³, Прокофьев В.Ю.^{1,2}

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва

² Институт геологии и геохимии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, Москва

³ Северо-Восточный Комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, Магадан

Месторождение Школьное локализовано в сложном многофазном интрузивном теле штокообразной формы, в строении которого принимают участие диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, адамеллиты и граниты. Вмещающими интрузивное тело являются осадочные отложения пермского возраста, богатые органикой (Верхоянский комплекс). Основными рудовмещающими породами изученных жил являются адамеллиты, занимающие центральную часть штока. В пределах рудных зон собственно рудные тела представлены эшелонами кулис кварцевых жил и прожилковых зон, содержащих до 3-5% сульфидов. Жилы сложены массивным мелко- и среднекристаллическим кварцем.

При визуальном изучении двусторонне полированных пластин в кварце рудных жил месторождения «Школьное» были обнаружены многочисленные флюидные включения размером 35-2 мкм, имеющие форму отрицательных кристаллов или неправильную.

Среди включений были встречены двухфазовые газово-жидкие включения водного флюида с большим (20-30 об.%) газовым пузырьком. Этим включениям сопутствовали существенно газовые включения, двух- и трехфазовые (с небольшим быстро движущимся пузырьком газообразной углекислоты и каймой водного раствора) включения, основной объем которых занимала жидкая CO₂. Имелись группы аналогичных включений, приуроченных к трещинам, не выходящим за пределы кристаллов кварца, которые были отнесены к первично-вторичному типу включений. Некоторые включения приурочены к секущим трещинам и являются вторичными. Как правило, это двухфазовые газово-жидкие включения с небольшим (5-10 об.%) газовым пузырьком. Также были встречены вторичные существенно-газовые включения (рис. 1).

Проведено термо- и криометрическое исследование 222 индивидуальных флюидных включений. Солевой состав растворов определялся по температурам эвтектик (Борисенко, 1977). Концентрация солей в растворе включений оценивалась по температурам плавления льда с использованием данных для солевой системы NaCl–H₂O из работы (Bodnar, Vityk, 1994). Давление оценивалось для гетерогенного флюида по пересечению изохоры и изотермы. Детальное изучение состава водной вытяжки из включений в жильном кварце позволило оценить концентрации в растворе многих компонентов. Наблюдается неплохое согласие результатов валового анализа водной вытяжки с данными исследования индивидуальных флюидных включений, которые обнаружили углекислоту, метан и хлоридный характер раствора.

Полученные данные показали, что состав рудообразующего флюида Школьного месторождения отличается от состава типичного магматического флюида гранитоидных систем по многим параметрам (Прокофьев В.Ю., 1998). Можно достаточно уверенно предполагать, что в рудообразующем флюиде месторождения Школьное преобладал метаморфогенный флюид, претерпевший взаимодействовавший с богатыми органикой породами.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПРИ БИМЕТАСОМАТОЗЕ

Юркова Р.М., Воронин Б.И.

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия, bivrmurz@mtu-net.ru

Биметасоматические контактово-реакционные образования возникали на различных этапах формирования офиолитовых ассоциаций, от высокотемпературных (900°C) условий, реализованных при внедрении магматических пород в серпентиниты на значительной (30-40 км) глубине, до средне- и низкотемпературных (500-550°C) родингитов. Биметасоматические изменения сопровождались формированием золоторудной минерализации. В докладе рассматриваются родингиты, сформированные на контакте пород комплекса параллельных даек с гипербазитами крупного Южно-Шмидтовского (сев. Сахалин) дунит-гарцбургитового массива (Юркова, Воронин, 2006). Зоны контакта вскрыты многочисленными протяженными канавами и расчистками, а также пересечены несколькими скважинами глубиной 50-70 м. Специфика преобразований габбро и диабазов рассматриваемого блока связана с их положением внутри массива серпентинизированных гипербазитов. Влияние серпентинитов сказалось на формировании контактово-реакционных слоёв и экранировании (химическом и физическом) Na-содержащих флюидов, связанных с образованием альбититов и плагиогранитов. Основная золоторудная минерализация связана со слоем крупнокристаллического натролита. Кристаллохимическая формула натролита, рассчитанная на десять кислородов, имеет незначительные отклонения от идеальной $Na_{1,87}(Al_{2,03}Si_{3,02}O_{10})2H_2O$. Наблюдается небольшой дефицит Na. Мольное отношение SiO_2/Al_2O_3 , равное 3, может указывать на упорядочение структуры. Натролит, в свою очередь, замещает родингиты, состоящие из кальциевых силикатов и алюмосиликатов: диопсид, пренит, железокальциевые гранаты, хлорит, актинолит, эпидот, сфен, которые сочетаются в различных соотношениях, образуя все разнообразие этих пород от пренит-хлоритовых до диопсид-гранат-пренит-хлоритовых. Канавами вскрыты слои и жилы натролита мощностью от 0,5 до 1 м на протяжении 10-12 м с видимыми вкраплениями золота 812 пробы с содержанием от 13 до 83 г/т. Форма вкраплений - кавернозно-крючковатая, часто в сростках с цеолитом.

Рассмотрение геологической обстановки локализации цеолитов в сочетании с данными о составе и строении контактово-реакционных слоев приводит к выводу о том, что образование цеолитов происходило в завершающий этап полистадийных изменений дайкового комплекса и было связано с проявлением контактово-инфильтрационного метасоматоза в тектонически ослабленной трещиноватой зоне, где облегчалось движение минералообразующих растворов и была возможна крайняя степень замещения исходных пород с образованием мономинеральных видов (Коржинский, 1955). Источниками компонентов, необходимых для формирования цеолитов, отчасти служили амфиболитизированные габбро и диабазы. Интенсивное образование в контактных зонах цеолитов и золоторудную минерализацию стимулировали постмагматические флюиды, связанные с внедрением альбититов и плагиогранитов.

Литература

Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов//Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М.:Изд-во АН СССР, 1955. С.336-456.

Юркова Р.М., Воронин Б.И. Подъем и преобразование мантийных и углеводородных флюидов в связи с формированием офиолитового диапира//Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.:ГЕОС, 2006. С. 56-67.

О ДИНАМИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ ЛОКАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ (РУДНЫХ ТЕЛ И ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ) В ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Ярошевский А.А.

МГУ, геологический факультет, Москва, Россия, aaya@geol.msu.ru

При обосновании критериев оценок масштабов оруденения на основании анализа пространственной структуры первичных ореолов принята модель, согласно которой распределение химических элементов вдоль направления фильтрации рудоносного раствора имеет характер гауссовского (Соловов, 1985). Это значит, что в пределах участка локальной концентрации можно выделить рудное тело, ограниченное бортовыми значениями содержания полезного компонента, и подрудный и надрудный ореолы. При этом показано, что параметры распределения вдоль направления движения раствора рудных и сопутствующих им элементов оказываются различными, что ведет к геохимической зональности первичных ореолов и позволяет предложить систему показателей, количественно связанных с уровнем эрозионного среза и масштабами прогнозируемого оруденения. В этом докладе сделана попытка построить простейшую теорию перераспределения рудного компонента в ходе рудоотложения и исследовать параметры, которые контролируют пространственную структуру участков концентрации и их геохимическую зональность.

С точки зрения динамики рудоотложения на геохимическом барьере можно выделить два типа барьеров. 1-й тип: фактор, который ведет к локальной концентрации рудного элемента (например, содержание элемента-осадителя в породах, вмещающих рудное тело), не исчерпывается в ходе рудоотложения. В таком случае должен формироваться участок концентрации, стабильно расположенный вверх от границы барьера и имеющий надрудный ореол, но лишенный ореола подрудного; по-видимому, такая ситуация в природе обычно не реализуется. 2-й тип: фактор рудоотложения (содержание элемента-осадителя или низкая температура вмещающих пород) имеет ограниченный ресурс и начиная с некоторого момента времени на фронте взаимодействия рудоносного раствора с геохимическим барьером исчерпывается (содержание элемента-осадителя становится ниже критического или температура пород приближается к температуре рудоносного раствора на входе в область взаимодействия). В этом случае последующими порциями рудоносного раствора участок локальной концентрации начинает "смыываться" и перемещаться в направлении движения рудоносного раствора, формируется подвижный геохимический барьер и подрудный ореол.

Количественно распределение элементов на участке концентрации определяется соотношением скорости фильтрации рудоносного раствора и скоростей осаждения-растворения элементов. Разные скорости осаждения-растворения разных элементов определяют возникновение геохимической зональности.

Эта схема иллюстрируется динамикой формирования урановых роллов (Германов, Ярошевский, 1971).

Литература

Германов А.И., Ярошевский А.А. Динамика перераспределения вещества фильтрующимися водами // Кинетика и динамика геохимических процессов. М.: ВИМС, 1971. С.111-123.

Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1985, 292 с.

Секция 5.

**Происхождение Земли и
металлогения.**

Синергетика

геологических систем

СОСТАВ И СТРУКТУРА ПЕРВИЧНОЙ ЛИТОСФЕРЫ, СФОРМИРОВАННОЙ В ПРОЦЕССЕ ГЕТЕРОГЕННОЙ АККУМУЛЯЦИИ ЗЕМЛИ

Анфилогов В.Н.¹, Хачай Ю.В.²

¹ИМИН УрО РАН, anfilogov@mineralogy.ru. ²ИГФ УрО РАН,
yu-khachay@yandex.ru

Предложенный нами вариант гетерогенной аккумуляции Земли (Анфилогов, Хачай, 2005, 2008), предполагает, что процесс аккумуляции завершается отложением на поверхности Земли материала углистых хондритов. Из этого материала будет сформирована внешняя твердая оболочка Земли. Ее мощность составляет 40 – 50 км. В этой оболочке сконцентрирована основная масса воды, средне содержание которой равно около 4 масс.%. Основная часть вещества Земли дифференцируется в процессе гетерогенной аккумуляции. Именно на этом этапе, формируется железное ядро Земли и его силикатная оболочка. Расчеты теплового режима показывают, что слой расплава в растущей Земле сохранялся вплоть до начала отложения материала углистых хондритов. Поэтому на завершающей стадии аккумуляции у поверхности Земли образуется структура, состоящая из слоя расплава, обогащенного оксидом железа и нормативным анортитом, и слоя, сложенного твердым материалом углистых хондритов. В результате этого в верхнем слое Земли возникнут уникальные условия для следующего этапа дифференциации вещества. Легкая анортитовая магматическая каша, образованная на границе слоя расплава и внешней твердой оболочки, состоящая из кристаллов плагиоклаза и остаточного расплава, в виде диапиров будет выдавливаться на поверхность, образуя крупные скопления анортозита на поверхности Земли. Прогрев, внешнего слоя, сложенного материалом углистых хондритов, контактирующим с ним расплавом и поднимающимися диапирами, приведет к мгновенному в геологическом масштабе времени выделению гигантских объемов воды и углекислоты и образованию океана и атмосферы, обогащенной CO₂. Быстрое образование океана будет сопровождаться размывом анортозитовой коры с разложением анортита и формированием хемогенных кремнистых пород. Близкий по смыслу сценарий образования океана и осадочных горных пород катархея изложен в работе Л.И.Салоп (Салоп, 1982). Прогрев внешнего слоя, сложенного материалом углистых хондритов будет сопровождаться интенсивной дифференциацией. Присутствие в этом слое воды приведет к выплавлению из него больших объемов расплавов кислого и среднего состава, которые будут ассоциировать с расплавами основного состава. В конечном итоге будет сформирована неоднородная по составу первичная литосфера, в которой наряду с продифференцированными блоками сохранятся фрагменты, сложенные не дифференцированным материалом углистых хондритов.

Литература

Анфилогов В.Н., Хачай Ю.В. Возможный вариант дифференциации вещества на начальном этапе формирования Земли // Доклады РАН. 2005. Т. 405. № 6. С. 803-806.
Анфилогов В.Н., Хачай Ю.В. Механизм формирования ядра и силикатных оболочек Земли // Глубинный магматизм, его источники и плюмы. Иркутск, 2008. С. 14-24.
Салоп Л.И. Геологическое развитие Земли в докембрии. Л.,: Недра. 1982. 343 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ И СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ МЕТАМОРФИЗМА НА ПРИМЕРЕ ПИРИТА В КОЛЧЕДАННОМ РУДОГЕНЕЗЕ

Богуш И.А., Бурцев А.А., Джангиров М.Ю.

ЮРГТУ (НПИ), a_burtsev@mail.ru

В колчеданном рудогенезе самоорганизация структур и рост энтропии наблюдается на протяжении всего онтогенеза пирита. В ряду: рудное тело – минеральный агрегат – минеральный индивид – последний есть элементарная геологическая самоорганизующаяся информационная система. В процессе метаморфизма проявляются утрата структурности на одном организационном уровне и самоорганизация на другом. Начальным генетическим типом пирита в цикле колчеданного рудогенеза является осадочный сажистый пирит.

При отсутствии сколько-нибудь значимого скопления пиритной массы последняя не может эффективно противостоять воздействию метаморфизма и уже в ходе диагенеза преобразуется с образованием кристаллов преимущественно кубического габитуса. Какие-либо особенности внутреннего строения зерен пирита стираются воздействием наложенного метаморфизма. Стирание начинается с периферии в виде развития каймы азонального (метаморфогенного) пирита. Размеры кристалла коррелируют способности отстаивать уровень достигнутой организации и сохранять в себе информацию. Метаморфогенная азональная кайма, развиваясь по периферии, наряду с энтропийной функцией, в ряде случаев выполняет роль консервирующей оболочки, позволяющей минеральной структуре сохранять признаки своей первичной генетической принадлежности. При изохимическом метаморфизме финальной картиной является зернистая масса азонального метаморфогенного пирита, имеющего характерные тройчатые контакты зерен. При этом каждый кристалл лишается внутренней неоднородности, или информации. Так происходит необратимая (энтропийная) утрата информации в пределах системы «кристалл».

Таким образом, в процессе метаморфогенного роста энтропии кристалл утрачивает информативную гетерогенность, приобретая гомогенность и становясь однородно азональным и лишённым каких-либо наблюдаемых особенностей внутреннего строения. Кристалл как система лишается системно составлявших его неоднородностей и концептуально начинает соответствовать термину «индивид» (лат. *individuum* – неделимый).

Кристаллоонтогенез позволяет сформулировать правило, которое справедливо не только для описания развития кристаллических форм: развитие системы в условиях изменения генерирующих параметров представляет собой смену одного элемента системы другим. При изменении диапазона вариации генерирующих параметров система меняется, приобретая при этом функцию элемента системы иного уровня организации.

В ходе онтогенеза залежи (филогенеза агрегата) некогда относительно автономная структура сама становится фрагментом новой структуры, которая соответствует иерархически более высокому уровню организации материи. При этом системы «кристалл», а затем и «агрегат», теряя внутреннюю информацию, становятся информационными элементами рудного тела – системы уровня более высокой организации.

В результате имеет место как исчезновение информации на каком-то иерархическом уровне организации, так и повышение устойчивости и организованности системы в целом.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГРАДИЕНТ КАК ОСНОВА САМООРГАНИЗАЦИИ НА МИНЕРАЛЬНОМ УРОВНЕ

Богуш И.А., Бурцев А.А., Джангиров М.Ю.
ЮРГТУ (НПИ), a_burtsev@mail.ru

Основа любого природного процесса – перемещение энергии и вещества, определяемое градиентом какого-либо рудогенерирующего параметра. Зона с максимальным градиентом выполняет роль барьера, в пределах которого осуществляется фазовый переход вещества по схемам, соответствующим первичному уровню организации геологической материи: расплав ↔ кристалл и (или) раствор ↔ кристалл.

Переход происходит в «барьерном» интервале, который выявляет границу между структурами различного уровня организации, а в результате – между возникшей структурой (кристаллом) и окружающей средой. Образование структуры суть самоорганизация. Возникшая граница между расплавом или раствором и кристаллом означает ещё более и самый контрастный градиент – собственно кристаллическую грань, т.е. поверхность, через которую кристалл с окружающей средой производит обмен энергией, веществом и информацией.

Процессу самоорганизации кладет начало градиентная параметрическая неоднородность геологического пространства. Возникновение неоднородности в системе (т.е. нарушение однообразия) суть информация, которая, таким образом, может рассматриваться как первопричина самоорганизации, а количество информации в системе и есть мера организованности системы. На примере колчеданного рудогенеза это можно рассмотреть так:

Предпосылки к формированию зональной структуры рудного объекта

Условия формируются:		
Тектоническими факторами		Горными породами
Миграция растворов:		
начинается		прекращается
Сингенез → → → → → → → → Эпигенез		
Инициация миграции	Миграция	Окончание миграции – рудогенез
Создание градиента рудообразующих параметров. Начало пространственного интервала рудогенеза.	Изменение рудообразующих параметров в пределах пространственного интервала рудогенеза.	Выход значений рудообразующих параметров за пределы параметрического интервала рудогенеза. Окончание пространственного интервала рудогенеза.
Повторные тектонические разрывы и тектоническое раскрытие. Примат расворения.	Внутрирудный метасоматоз. Комбинация расворения и отложения.	Фильтрация. Примат отложения.

Возникающий градиент нарушает симметрию среды, что уменьшает количество энтропии (и увеличивает количество информации) в системе. Мерой информации является степень неоднородности в распределении энергии или вещества в пространстве и во времени. Максимальную геологическую информацию содержат геологические контакты между объектами соответствующего иерархического уровня структурной организации вещества.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПЕРКОЛЯЦИЯ - ПРИЧИНА САМООРГАНИЗАЦИИ ЛИТОСФЕРНЫХ АНСАМБЛЕЙ

Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю.

Альтернативные тектонические доктрины - плейт-тектоническая и плюм-тектоническая - различаются не только по геодинамическим механизмам реализации, но, по существу, и главным образом, по способу доставки эндогенной энергии к поверхности. В первом случае ее потоки формируют тектонический узор через глобальное конвективное перераспределение материала мантии и литосферы, т.е. более или менее опосредованно. Во втором - энергопоток, обобщенно связанный с понятием "плюм" (*plume* - струйка, султан, завиток), формирует тектонический узор непосредственно в зоне энергетической разгрузки.

Совокупность тектонических структур, по которым происходит разгрузка эндогенной энергии, была названа вначале структурно-энергетической решеткой, а затем лишь получила свое физическое осмысление - тектонический перколяционный кластер.

М.А.Садовский связывал его возникновение с автомодельностью процессов образования вещества литосферы, или с самоорганизацией. Установленная закономерность ставит под сомнение общепринятые версии пассивного структурообразования, и, наоборот, выдвигает на первый план элементы дальнего порядка в структурах тектоносферы. С последним понятием тесно связан эффект структурного гомеостазиса - явления, обычно рассматриваемого биологами и биофизиками, суть которого состоит в устойчивости или, точнее, устойчивой воспроизводимости характерных структурных форм и узоров, повторяющихся в разных условиях и с разным набором "участников". Структурный гомеостазис (стационарность) - это не признак равновесного состояния, как иногда понимают, а наоборот - свидетельство крайне неравновесных условий, когда в потоке энергии (вещества) активная согласованная динамика микрочастей обеспечивает устойчивость макроузора.

При подборе примеров для доклада мы руководствовались следующими соображениями. Во-первых, геологические объекты должны характеризовать максимально широкий геодинамический диапазон, что должно подразумевать здесь различную природу и энергонасыщенность перколирующего энергопотока. Во-вторых, в поле зрения должны оказаться объекты разнообразной генетической природы, в структурировании которых принимали участие энергопотоки с различными вкладами эмисионной, тепловой, акустической и возможно иных составляющих. В-третьих, обозримый масштаб явлений должен включать максимально возможный диапазон, начиная от локальных и региональных и кончая планетарными уровнями. Все это ориентировано на то, чтобы проследить, что происходит со структурой тектонического пространства при переходе из одного в другой тип тектоносферных ансамблей. И главное: отвечает ли структурируемое пространство в разных условиях структурной организации теоретического перколяционного кластера и насколько.

ГЛОБАЛЬНАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ АРХЕЙСКИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ СИСТЕМ

Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М.

Породы полосчатой железорудной формации (ПЖФ) в виде связанного фрактального кластера размерности 1.6-1.8 "цементируют" разномасштабные тоналитовые линзы Кольско-Норвежского мегаблока. Сами месторождения сложены одиночными или объединенными в компактные гломеры линзовидными телами железистых кварцитов, окруженными зональной гнейсо-амфиболитовой толщей пород ПЖФ. Распределение месторождений Кольско-Норвежского мегаблока по размеру с высоким коэффициентом корреляции аппроксимируется степенной зависимостью, свидетельствует о том, что железорудные комплексы Кольского полуострова являются производными единой СОК-системы, реализованной в рамках перколяционного кластера регионального масштаба. Рудные тела имеют характерную текстурно-вещественную зональность (от оси к периферии): гематито-магнетитовые железистые кварциты - магнетитовые железистые кварциты - сульфидно-магнетитовые железистые кварциты - скарноиды - магнетито-кальцито-доломитовые породы - двуслюдяные и нодулярные гнейсы, - изначально возникающую под действием восстановленного эндогенного флюида на гематито-кварцевый протолит и затем усиливающаяся за счет "разгонки" элементов под влиянием буферных реакций. Метаморфическая полосчатость, практически отсутствующая в роговообманковых амфиболитах и биотитовых гнейсах, появляется в двуслюдяных и нодулярных гнейсах, и затем ее контрастность резко возрастает вблизи контакта с железистыми кварцитами, в которых далее увеличивается до своего максимума в гематито-магнетитовой осевой зоне. В этом же направлении происходит упорядочение полосчатости, выраженное в уменьшении ее фрактальной размерности, переходе непрерывных спектров мощности в дискретные со все меньшим числом интенсивных максимумов и т. д. Все это сопровождается, или даже обусловлено, закономерным переходом прямополосчатых железистых кварцитов периферических зон в плейчатые через зону перемежаемости, причем фрактальные и информационные свойства полосчатости, плейчатости и микроструктур, состав пород и породообразующих минералов, физические свойства и тех, и других связаны друг с другом простыми функциональными соотношениями. Температурный эффект складкообразования, оцененный по составу сосуществующих минералов посредством программы TWQ, составляет величину порядка 200°C. В процессе складкообразования происходит дельнейшее закономерное изменение химического состава железистых кварцитов, выражающееся в выносе из них всех второстепенных компонентов, а формирование кальциевых метасоматитов на периферии рудных тел приводит к высвобождению висмута, золота и серебра из структуры силикатов и локализации их *in situ* в виде самородных металлов и теллуридов. Время, за которое происходит самоорганизация толщи пород ПЖФ составляет величину порядка 200 млн. лет (от 2800 млн. лет для главных типов пород до 2670 млн. лет для скарноидов и 2600 млн. лет для гидротермальных жил).

ФРАКТАЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛИТОСФЕРЕ

Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М.

Структура литосферы определяется ее стремлением максимально эффективно диссипировать непрерывно "подкачиваемую" эндогенную энергию. Наиболее оптимальный путь для этого - создание фрактальных тектонических структур: регматической сети, зон трещиноватости, сети эпицентров землетрясений, складчатости, компактных брекчий, псевдотахилитов, карста, наконец, рельефа и т.д. По этой же причине формируются менее глобальные фрактальные структуры: скелетные и дендритные кристаллы, сложнослоистые минеральные агрегаты, иззубренные границы минеральных зерен и др. Нередко многие, если не все перечисленные фрактальные структуры реализуются в пределах одного и того же геологического объекта - в этом случае их геометрические характеристики (фрактальная размерность, интервалы масштабов фрактальности и т.д.) оказываются взаимосвязанными (например, на месторождениях полосчатой железорудной формации взаимозависимыми оказались фрактальная размерность полосчатости, складок и межзерновых границ). Помимо прочего, это означает, что фрактальные структуры могут служить индикатором геодинамического состояния объекта в прошлом (например, зоны развития фрактальной складчатости проявлены лишь в рудных телах железистых кварцитов мощностью более 10 м, а наиболее высокая размерность складок характерна для самых крупных тел), настоящем (например, фрактальная размерность береговой линии связана экспоненциальной зависимостью с индексом сейсмической активности территории) и будущем (например, фрактальные содовые кластеры в карьерах Хибинского массива фиксируют напряженные горнопородные блоки, опасные в отношении горных ударов и землетрясений).

СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ ХИБИНСКОГО ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА

Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Коноплева Н.Г., Пахомовский Я.А.,
Яковенчук В.Н.

Крупнейший в мире Хибинский щелочной массив с его уникальными месторождениями апатита представляет собой 40-километровый шток нефелиновых сиенитов, резко расширяющийся вблизи поверхности в результате дилатансии. Главным результатом этого процесса стало формирование долгоживущего кольцевого разлома, выполненного фойдолитами и связанными с ними гибридными породами. Сами фойдолиты, в свою очередь пронизаны фрактальным штокверком апатита, размерность которого $D_M = 2.6$ близка к таковой трехмерного перколяционного кластера, а наиболее богатые апатитом участки фиксируют остов этого кластера. В приповерхностной части апатитовых рудных тел широко проявлены взаимозависимые процессы формирования фрактальных складок, полосчатости, а также компактных брекчий нескольких поколений. Поскольку процесс разуплотнения изменяет не только механические (блочность, трещиноватость, пористость и др.), но и химические свойства пород (состав породы и межзернового флюида, газонасыщенность и т.д.), то состав нефелиновых сиенитов симметрично изменяется относительно фойдолитового кольца, при приближении к которому в них возрастают концентрации Mg, Fe²⁺, Ca, Ti, P и F за счет Si и H (на фоне последовательного уменьшения содержания Mn, Sr, REE, Li и увеличения содержания K и Al от краевой части массива к его центру).

Дифференциация нефелиновых сиенитов сопровождалась специализацией слагающих их минералов в отношении тех или иных элементов, подобно тому, как это происходит в метаморфических комплексах: при приближении к Главному кольцу увеличивается содержание Na в нефелине, K-Na-полевых шпатах и лампрофиллите (за счет K), Ca и Mg - в клинопироксенах и амфиболах (за счет Na и Fe³⁺), K - в амфиболах (за счет Na); Fe³⁺ - в нефелине (за счет Al), Fe²⁺ - в ильмените (за счет Mn) и биотите (за счет Mg), Mn - в магнетите (за счет Fe), Sr - во фторапатите (за счет Ca), Ba - в лампрофиллите (за счет Sr), и т.д. Конечными продуктами этого процесса являются во многом сходные между собой высококальциевые нефелиновые сиениты (рисчорриты) и различные пегматито-гидротермальные жилы, локализованные на самой границе с фойдолитами Главного кольца. Каждый импульс разуплотнения после накопления в воздымающейся твердофазной колонне некоторого критического напряжения порождал появление бескорневых расплавных, а по мере падения градиента избыточного напряжения, - флюидно-гидротермальных продуктов (как наполнителя трещинных штокверков и цемента брекчий). На заключительных - вплоть до современного - этапах дилатансия сопровождалась образованием низкотемпературных гидрохимических продуктов, включая крайне необычные с кристаллохимической точки зрения фазы с низкоплотными цеолитоподобными структурами, активно участвующие в процессах катионного обмена.

К СОЗДАНИЮ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Калашников А.О., Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю.

ГИ КНЦ РАН, Апатиты Мурманской обл., kalashnikov@geoksc.apatity.ru

Анализ двух различных рудоносных комплексов – Хибинского щелочного массива и Приимандровской железорудной структуры (Кольский полуостров) – показал, что принципы их организации подобны и месторождения в их пределах приурочены к наиболее сложно организованным участкам (Иванюк и др., 2009). Исходя из этого наблюдения, было выдвинуто положение, что наиболее упорядоченные участки земной коры являются наиболее перспективными для выявления эндогенных месторождений. Для проверки этого положения были разработаны способы количественной оценки упорядоченности различных участков земной коры по различным параметрам – геохимическим, геофизическим, петрофизическим, минералогическим, геоморфологическим, топографическим и др. Был предложен ряд методов (Калашников, 2008а):

- фрактальный анализ альбедо по аэро- и космоснимкам,
- фрактальный анализ изолиний высот по топографическим картам,
- анализ когерентности поведения различных вещественных переменных («метод многомерных фазовых траекторий») (Калашников и др., 2009)
- анализ дифференцированности геохимического поля (Калашников, 2008б).

С помощью этих методов оценивалось пространственное распределение упорядоченности нескольких принципиально разных объектов: Хибинский массив, Приимандровская железорудная структура, Оленегорское железорудное месторождение, перспективный на платину участок в пределах Восточно-Панского базит-гипербазитового массива (Кольский полуостров), Келянский рудный узел, перспективный на цветные металлы участок Савкина (Забайкальская золотоносная провинция). На всех изучаемых объектах наиболее упорядоченными оказались участки, содержащие рудопроявления или месторождения. В одном случае (Оленегорское железорудное месторождение) удалось выявить местоположение коренного золото-серебрянного оруденения. Эти результаты позволили авторам утверждать, что на основе разработанных методов можно развернуть технологию прогноза и поиска эндогенных рудных месторождений, позволяющую проводить исследования на различных масштабах с последовательным приближением и комплексировать различные типы геологических данных.

Литература

Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Пахомовский Я.А., Коноплева Н.Г., Яковенчук В.Н., Базай А.В., Калашников А.О. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2009. 392 с.

Калашников А.О. Прогноз и поиск месторождений по степени структурно-вещественной упорядоченности участков земной коры. // Разведка и охрана недр, 2, 2008а С. 9-13.

Калашников А.О. Степень дифференцированности геохимического поля как поисковый признак. // Разведка и охрана недр, 3, 2008б С. 34-40.

Калашников А.О., Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М. Метод многомерных фазовых траекторий для поисков месторождений полезных ископаемых. // Разведка и охрана недр, 1, 2009. С. 22-27.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НОВЕЙШЕГО ВУЛКАНИЗМА ЗЕМЛИ
И ЕГО СВЯЗЬ С ЭВОЛЮЦИЕЙ
СОВРЕМЕННОГО СУПЕРКОНТИНЕНТА СЕВЕРНАЯ ПАНГЕЯ
И ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ
«ГОРЯЧИХ ТОЧЕК» ЗЕМЛИ
КАК ОСНОВА КАЙНОЗОЙСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ**

Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Богатиков О.А.

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
РАН, Старомонетный пер., 35, Москва, 119017, Россия; e-mail: uvik@igem.ru*

Академик Владимир Иванович Смирнов «установил региональные закономерности образования и размещения рудных месторождений на континентах и в океанах, наметил эпохи эндогенного рудообразования в истории развития земной коры, определил связь палеовулканизма с формированием рудных месторождений» (Горная энциклопедия, 1989), и все это было сделано им на надежной геологической основе. Без таковой невозможны никакие металлогенические построения. В докладе предлагаются некоторые новые глобальные геодинамические схемы, связанные с образованием новейшего (менее 2 млн. лет) вулканизма как возможная основа кайнозойской металлогении нашей планеты. В докладе представлены результаты анализа пространственного распределения новейшего вулканизма Земли, связи его с эволюцией современного суперконтинента Северная Пангея и пространственным распределением «горячих точек» мантии Земли. Новейший вулканизм проявлен в Евразии, Сев. Америке, Гренландии, в Атлантике, Арктике, Африке и в Тихом океане. Как и всегда, различают: а) вулканизм срединно-океанических хребтов (СОХ), б) субдукционный вулканизм островных дуг и активных континентальных окраин (ОД+АКО), в) вулканизм зон континентальной коллизии (КК), г) внутриплитный вулканизм (ВП), связанный с горячими точками мантии, континентальными рифтами, трансконтинентальными поясами. Естественно, новейший вулканизм Земли имеет как океаническую, так и континентальную природу. Последний явно связан с эволюцией современного суперконтинента, названного нами Северной Пангеей в связи с концентрацией большей части континентальных масс в северном полушарии Земли, поскольку он является результатом мезозойско-кайнозойской эволюции Вегенеровской позднепалеозойской Пангеи. Кайнозойская Северная Пангея, объединяющая Евразию, Северную и Южную Америки, Индию, Африку и Австралию (рис.), характеризуется, как и другие суперконтиненты, концентрацией в его пределах почти всех континентов (кроме Антарктиды) и преобладающей континентальной корой (с участием шельфа). Геодинамическая позиция и новейший вулканизм северной Пангеи определяется двумя разнонаправленными процессами: субдукцией литосферных плит со стороны Тихого океана, со стороны Индии и Аравийского полуострова и со стороны восточного Средиземноморья, приводящей к консолидации Северной Пангеи, и спредингом океанических плит со стороны Атлантики, приводящей к расклиниванию суперконтинента с изменением его формы по сравнению с Вегенеровской Пангеей и к интервенции атлантического геодинамического режима в Арктику. Длительное сохранение (более 200 млн. лет) тектонической стабильности и самого суперконтинентального статуса Северной Пангеи, определяется субдукционными процессами вдоль ее границ в соответствии с господствующим при этих процессах режимом глобального сжатия. Продолжительная устойчивая субдукция литосферных плит под Евразию и С. Америку не только способствовала интенсивному вулканизму ОД+АКО, но и привела к накоплению холодного литосферного материала в глубокой

мантии региона, замещению им горячей глубинной мантии и концентрации последней под суперконтинентом, а затем подъему этого материала вверх в виде мантийных плюмов (источников ВП базитовых магм), являющихся восходящими ветвями глобальной мантийной конвекции. Со времени распада Вегенеровской Пангеи, начавшегося с открытия Центральной Атлантики и последовательно развивавшегося в сторону Арктики, начали формироваться морские бассейны на месте Северного Ледовитого океана, но появление в последнем океанической коры (Евразийский бассейн) произошло только в кайнозое. Этот молодой океан до появления хребта Гаккеля и, возможно, океанической части Амеразийского бассейна рассматривается как типичный бассейн, возникающий в центре суперконтинентов. Распад Вегенеровской Пангеи произошел под воздействием мантийных плюмов, развивавшихся при их последовательном движении к северу и югу от центральной Атлантики, включая вероятный плюм Северного полюса. Формирование мантийных плюмов связано с возникновением глобальных и локальных мантийных конвективных систем, возникших под воздействием вытеснения горячей глубинной мантии опускающимися вплоть до границы ядро-мантия холодными субдуцирующими слэбами под суперконтинентами. Плюмовый (ВП) магматизм Евразии и северной Америки сопровождался поверхностным коллизионным или субдукционным магматизмом, а в Атлантике и Арктике глубинный плюмовый магматизм (базиты повышенной щелочности) сопровождался поверхностным спрединговым магматизмом (толеитовые базальты).

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ФЕНИТИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ЛОВОЗЕРСКОГО И ХИБИНСКОГО МАССИВОВ)

Корчак Ю.А., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Иванюк Г.Ю.

Геологический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты, Россия

При изучении минералогии фенитизированных вулканогенно-осадочных пород ловозерской свиты, сохранившихся в виде ксенолитов среди нефелиновых сиенитов и фойдолитов Хибинского и Ловозерского массивов, установлено что для многих минералов характерно повышенное содержание V, W, Sn, Sb и Te, - вплоть до формирования собственных минеральных фаз. Перечисленные элементы не характерны ни для щелочных пород, ни для пород ловозерской свиты, представляющих собой переслаивание оливиновых базальтов, их туфов, туффитов и кварцито-песчаников.

Собственные минералы ванадия представлены карелианитом, вуорелайненитом и фазой FeV_2S_2 , в качестве примеси ванадий входит в состав рутила, титанита (до 2 мас. % V_2O_3), андалузита, кричтонита-ловерингита (до 13 мас. %), таусонита и фрейденбергита. Вольфрам самостоятельных фаз не образует, но входит в состав молибденита (до 5 мас.% W_2O_5), ферроколумбита (до 0.06 мас.% W_2O_5) и фазы $Mg_2AlNb_2S_4$ (до 20 мас.% W_2O_5). Олово и теллур локализируются в составе фазы Ni_3Sn_2 и алтаита. В составе гетита зафиксировано значительное содержание сурьмы (до 11 мас.% Sb_2O_5).

Вероятно, возрастание роли V, W, Sn, Sb и Te в процессах фенитизации по сравнению с основными этапами становления щелочных массивов связано с концентрированием перечисленных элементов в фенитизирующих растворах по мере осаждения из них щелочных минералов (с соответствующим понижением щелочности) и дальнейшей локализацией в виде самостоятельных минералов в тонкозернистых, контрастных по составу вулканогенно-осадочных породах, являющихся геохимическим барьером для щелочных растворов.

Действительно, согласно литературным данным, V, W, Sn, Sb и Te в щелочных водных растворах и при повышенной температуре присутствуют в виде хорошо растворимых ионов, либо комплексных соединений. Однако, с уменьшением щелочности (и температуры) растворимость их резко падает.

Таким образом, присутствующие в щелочных расплавах в ничтожных количествах V, W, Sn, Sb и Te в процессе магматической кристаллизации накапливаются сначала в остаточных расплавах, а затем в отделяющихся от них флюидах. При снижении температуры флюиды переходят в щелочные растворы, содержащие уже ощутимые количества перечисленных элементов, присутствующих в виде разнообразных комплексов. По мере развития процесса фенитизации уменьшается температура и щелочность растворов, из-за чего происходит разрушение комплексов и образование собственных минералов рассматриваемых элементов.

ТИТАНОСИЛИКАТЫ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ - ПРОДУКТЫ САМООРГАНИЗАЦИИ НАНОКЛАСТЕРОВ, НАНОТРУБОК И НАНОЧАСТИЦ

Кривовичев С.В., Яковенчук В.Н.

В последние годы все большее внимание привлекают к себе наночастицы и сформированные из них структуры: нанокристаллы, нанокластеры, нанонити, нанотрубки, тонкие пленки, сверхструктуры, построенные из нанобъектов, и др. Очень интересный класс объектов в этой связи представляют собой титано- и ниобосиликаты щелочных металлов, демонстрирующие широкие вариации типов структур, построенных на основе самоорганизации нанокластеров, нанонитей и нанотрубок. Так, кристаллическую структуру юкспо-рита можно сформировать, сворачивая слой из ТЮб-октаэдров и диортогрупп Si_2O_7 в полярные нанотрубки диаметром 2 нм, структуру шафрановскита, - объединяя изолированные островные комплексы $[\text{Si}_{13}\text{O}_28(\text{OH})_9]^{13-}$ диаметром 0.7 нм и т.д. Весьма интересны в этом плане и минералы ряда зорит-чивруайит, структура которых основана на пористом разорванном каркасе $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{10-}$ из кремнекислородных тетраэдров, внутри которого расположены стержни из связанных по вершинам октаэдров TiO_6 . В связи с присутствием этих стержней, структура зорита-чивруайита может рассматриваться как совокупность титан-оксидных нанонитей, погруженных в силикатную матрицу, - а это, как и в случае с юкспоритом, предполагает наличие нелинейно-оптических свойств. Образование всех перечисленных соединений осуществляется в ультраагпаитовых гидротермальных жилах за счет процессов катионного обмена, кластеризации наночастиц и их самоорганизации в кристаллические структуры путем присоединения дополнительных катионов. Интересно, что даже обычный графит образует в таких условиях наноконусы и нанотрубки, сформированные наворачиванием в виде рулона графитовых слоев. Многие из этих соединений легко декатионируются, сохраняя каркас из нанотрубок, нанослоев и т. д., а вхождение в такую структуру других катионов (Sr, Tl, Cs и др.) ее стабилизирует. Последнее обстоятельство открывает новые возможности для создания стабильных в широком диапазоне условий катионообменников и "ловушек" для тех же радиоактивных изотопов.

ПРИЧИНЫ И УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Лихачев А.П.

ФГПУ ЦНИГРИ МПР, alexanderlikhachev@rambler.ru

К металлогеническим относятся природные процессы экстракции и концентрации рудных веществ, обуславливающие образование месторождений полезных ископаемых. Проявление металлогенических процессов определяется особенностью энергетических свойств химических элементов и общими факторами формирования и эволюции Земли и ее коры. Особенность энергетических свойств химических элементов состоит в том, что каждый элемент (по причине индивидуальности его массы, ядерно-электронного строения и внутренней энергии) обладает специфическими (меньшими или большими) возможностями создавать соединения с другими элементами и определять их прочность (энергию связи), выражаемую в свободной энергии образования. Среди общих факторов формирования и эволюции Земли и ее коры, как и образования месторождений полезных ископаемых, определяющая роль принадлежала воде.

Вода снижает температуру солидуса веществ мантии и коры, обеспечивает их фракционное плавление и дифференциацию с образованием определенных по составу безрудных и рудоносных магм. Гидратация вещества мантии в срединно-океанических зонах приводит к подъему (всплытию) мантийных масс и проявлению (за счет тепла, выделяемого при реакции гидратации) рудообразующих гидротермальных процессов в виде черных курильщиков, как это, например, в реальности наблюдается в поле Рейнбоу и других полях Срединно-Атлантического хребта. Одновременно, она же (гидратация), вызывая всплытие мантийных масс, обуславливает декомпрессию нижележащих толщ мантии, приводящую к их плавлению, магмообразованию и проявлению мафит-ультрамафитового магматизма. Тем самым гидратация вовлекает в движение огромные массы мантийного материала, движение, которое обуславливает спрединг и субдукцию океанического дна, как и раздвижение континентальных плит. Вода, с ее возможностью проникать в мантию, снижать температуру плавления веществ и увеличивать их объем, является причиной проявления различных видов континентального магматизма и образования рудоносных осадочно-вулканогенных депрессионных структур, к которым относятся зеленокаменные и другие подвижные пояса и наложенные прогибы. Вода способна обеспечивать достижение высоких и сверхвысоких давлений и осуществлять глубокий метаморфизм пород и руд. Вода и водные растворы являются основным растворителем, дезинтегратором и транспортером материалов земной коры и мантии, обуславливающими дифференциацию веществ и образование рудных и нерудных месторождений.

Земля, в отличие от безводных планет и благодаря наличию воды, имела возможность осуществлять эндогенную геодинамическую активность на стадии ее охлаждения. И в основном на стадии охлаждения и благодаря воде на Земле происходили геологические и, в том числе, металлогенические процессы.

Наличие воды на Земле объясняется особым положением ее исходного материала в околосолнечной туманности и аккреционном диске. Он находился в области температур, благоприятных для гидратации минеральных фаз протопланетного вещества (350–500°C), что обеспечило предотвращение значительной части воды от диссипации под воздействием солнечного нагрева. В ходе последующего гравитационного уплотнения и нагрева вещества Земли происходили его дегидратация и дифференциация планеты на ядро, мантию, первичную кору и гидросферу.

Литература

Лихачев А.П. Возможности проявления рудообразующих процессов при формировании и эволюции земной коры // Отечественная геология. 2009. № 3. С. 22–33.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗЕМЛИ И ЕЁ МИНЕРАГЕНИЯ В АРХЕЕ

Павлов А.Г.

Условие образования Земли обусловило не только дальнейшую историю геологического развития планеты, но и формирование её особенной первичной коры, самой богатой в стратиграфическом разрезе, полезными ископаемыми.

Особенности образования архейской коры сформировавшаяся 3,5 млрд лет тому назад (по шкале Л.И.Салопа), по мнению большинства исследователей связана с остыванием первичного расплавленного вещества. Земля первично горячей могла быть только при образовании её при коллапсе первично сверхплотного, сверхгорячего квазара. Первичная кора её могла сформироваться в виде «накипи» покрывающей сплошным слоем всю земную поверхность. Об этом могут свидетельствовать следующие факты:

- отсутствие в толщах нижнего архея конгломератов, гравелитов и выдержанность состава толщ архея (метавулканиды, кварциты с прослоями высокоглиноземистых гнейсов) на больших расстояниях, сходность строения, отсутствие фациального перехода и последовательность залегания архейских толщ, наблюдаемая на всех континентах мира. Ассоциации метабазитов с кварцитами и высокоглиноземистыми породами, несомненно, появились при дифференциации первичного вещества Земли. Рудным компонентом является магнетит, иногда замещенный гематитом (мартит). Среди архейских толщ нередко встречаются мраморы и графитовые гнейсы, с которыми связаны очень крупные месторождения графита. Лазуриновые месторождения во всем мире приурочены преимущественно к архейским карбонатным породам. В карбонатные породы архея заключены богатые апатитом прослои кварциопсидовых кристаллических сланцев;

- следующим, фактом в пользу теории происхождения раннеархейской коры в результате остывании расплавленного первичного вещества может быть резкое отличие структур архея от протозойских и фанерозойских складчатых сооружений. Для древнейших гнейсовых комплексов наиболее характерны изометричные или удлиненные, неправильной, овальной или округлой формы структуры, напоминающие купола располагающихся без видимого порядка по всему полю развития гнейсовых комплексов. Такие особенности складок свидетельствуют о том, что комплексы архейских пород не образовывались осадочным путем в протяженных впадинах между жесткими глыбами, как более поздние складчатые сооружения, а сформировались, когда тонкая земная кора находилась в полупластичном состоянии, в результате «вскипания» еще очень горячего жидкого подкорового вещества;

- для всех архейских комплексов характерна повсеместная высокая степень изменения пород, соответствующая гранулитовой и амфиболитовой фациям метаморфизма. Архейские глубокометаморфизованные образования во всех регионах составляют единые комплексы, лишенные внутренних несогласий и зональности метаморфизма.

Эти факты могут свидетельствовать о том, что породы архея с крупными скоплениями рудных элементов вначале формировались при дифференциации горячего первичного вещества планеты, затем в происхождении гранитной оболочки Земли и месторождений важную роль играл вулканизм, проявившийся по трещинам

Таким образом, первой стадией эволюции Земли, появившейся, возможно, как остроугольный «обломок», при взрыве квазара, является образование шарообразной планеты, покрытой тонкой, хрупкой корой, пока что без морей, океанов, протяженных горных систем. Залежи полезного ископаемого в ней сформировались при дифференциации первично расплавленного вещества.

КОЭФФИЦИЕНТ ЛЕЙФМАНА–ВАССОЕВИЧА КАК СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОТРАЖЕНИЕ СПЕКАЮЩИХСЯ СВОЙСТВ УГЛЕЙ

Рябинкин С.В.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар, Россия,

Ryabinkin@geo.komisc.ru

Уголь является одним из самых широко распространенных горючих ископаемых на планете. В настоящее время он широко применяется в качестве сырья для производства электроэнергии (США, Китай и др.) и для коксохимической промышленности. Для характеристики коксуемости углей (для его пригодности или непригодности для производства кокса) в разных странах применяются различные лабораторные параметры (Ухмылова, 2003). Эти параметры находятся в трудно коррелированных соотношениях между собой, т.к. в разных странах все еще сохраняются (и действуют!) свои различные классификации (Ван–Кревелен, Шуер 1960), несмотря на принятие Международной классификации углей.

Связь между пластическими свойствами углей и их основными элементами – углеродом, водородом, кислородом, серой и азотом, к сожалению, до сих пор так до конца и не выявлена (Панченко, Клопотов, 1959). Разработанная накануне распада СССР (и до сих пор применяемая в России), промышленно–генетическая классификация углей эту проблему также не решила (Еремин, Броновец, 1994). Однако, такое решение возможно при рассмотрении эволюции витринита и лейптинита с позиций коэффициента Лейфмана–Вассоевича (Лейфман, 1988). До сих пор не была зафиксирована определенная зависимость между коэффициентом Лейфмана–Вассоевича и толщиной пластического слоя. Нами предпринята попытка графостатистическим методом связать значения этого коэффициента с одной стороны с эволюцией флюидов, образующихся в процессе катагенеза, и со структурными изменениями углей с другой стороны (Рябинкин, 2002). Исследования, проведенные нами на примере углей Кузбасса, позволяют говорить о тесной зависимости между этими достаточно далекими процессами.

Таким образом, в докладе приведены новые ранее неизвестные соображения, подтверждающие высказывание М.Л.Левенштейна (Левенштейн, 1963) о существовании зависимости между физико–химическими изменениями угля и составе генерирующихся в результате флюидов – углекислотного и углеводородных газов и воды.

Литература

- Еремин И.В., Броновец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование. Справочник. М.: Недра, 1994. 254 с.
- Ван–Кревелен Д.В., Шуер Ж. Наука об угле. М.: Госгортезиздат, 1960. 304 с.
- Левенштейн М.Л. О генетических закономерностях изменения качества углей в Донецком бассейне // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР Т.1. М.: Госгортехиздат, 1963. С.348-405
- Лейфман И.Е. Графостатистический анализ мацералов углей по атомным соотношениям водорода // Химия твердого топлива. 1988. №4. С.9–17.
- Панченко С.И., Клопотов И.К. Классификация спекающихся углей // Кокс и химия. 1959. №3. Стр.6–10.
- Рябинкин С.В. Коэффициент Лейфмана–Вассоевича и некоторые закономерности углефикационного флюидообразования // Литогенез и геохимия осадочных формаций Тимано–Уральского региона. Сыктывкар, 2002. №4. С.118-126.
- Ухмылова Г.С. Состояние производства и рынка кокса в мире (Обзор) // Кокс и химия. 2003. №5. Стр. 8–17.

РОЛЬ ЖИЗНИ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ.

Школьник Э.Л.¹, Жегалло Е.А.², Бугельский Ю.Ю.³, Новиков В.М.³, Слукин А.Д.³

¹ДВГИ ДВО РАН, gelik@mail.ru, Владивосток, ²ПИН РАН, ezheg@paleo.ru, ³ИГЕМ РАН, novikov@igem.ru, Москва, Россия

Важное значение проявлений жизни в геологических процессах и образовании полезных ископаемых установлено давно. Авторы в результате обработки собственных данных, полученных с помощью сканирующей электронной [микроскопии](#) сотен образцов из различных регионов Мира и литературного обзора, попытались обобщить новейшие факты участия различных организмов в формировании некоторых рудных и нерудных полезных ископаемых (Школьник и др. 2002, 2004).

Роль биологических процессов проявляется в разнообразных формах: от простого физического накопления остатков организмов до весьма сложных продуктов биохимических реакций, протекающих в процессах метаболизма. Установлено, что в результате взаимодействия органических остатков и микроорганизмов с минеральным веществом в осадках и корах выветривания происходит репликация оксидами и гидроксидами Fe, Mn и Al, фосфатами Ca и карбонатами Mn биологической матрицы с сохранением до тончайших деталей структуры как твердых, так и мягких ее тканей. Эти процессы приводят к образованию крупных экзогенных месторождений широкого возрастного интервала. В последнее время появилось много [работ](#), в которых отмечается роль органического вещества и микроорганизмов в формировании эндогенных месторождений. Так в месторождении Крета (США) минералы меди замещают обломки древесины и споры *Triletes*. В Pb-Zn рудах месторождения Мак-Артур-Ривер ([Австралия](#)) обнаружены кокковидные и нитчатые формы. Сферические структуры установлены в цинковых рудах месторождения Блайберг ([Австрия](#)). При травлении обнаруживается, что их центральные части сложены скоплениями нитевидных образований. Для стратиформного Zn-Pb-Ag месторождения Сала (Швеция) устанавливается важная роль строматолитов в размещении оруденения. Связь Au-Ag рудной минерализации со строматолитами наблюдается на массиве Десеадо (Аргентина), а в бассейне Амадеус (Австрия) к ним приурочены высокие концентрации REE. В золото-урановых рудах месторождения Витватерсранд обнаружены высокие концентрации Au и U в системе углеродистых микробиальных матов (Школьник и др., 2005). Многочисленные анализы бокситов мира также показали резкое возрастание содержания урана в черных рудах, содержащих органическое вещество.

Из приведенного краткого обзора становится понятным, что появление жизни на планете Земля оказало серьезное влияние на формирование полезных ископаемых. Следует полагать, что ближайшее десятилетие еще принесет много новых фактов. Также весьма любопытно отметить возможность использования уже имеющихся данных в планетологии. Действительно, если можно дистанционно установить с помощью специальной магнитометрии присутствие на той или иной планете осадочных железных руд, то можно быть уверенным, что на такой планете жизнь была.

Литература

Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Еганов Т.А. и др. Роль биоса в образовании экзогенных руд (на примере фосфоритов, бокситов и марганцевых руд). Мат. I Международного симпозиума «Биокосные взаимодействия: жизнь и камень». СПб-Б, 2002, с. 137-139.
Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Богатырев Б.А. и др. Биоморфные структуры в бокситах (по результатам электронно-микроскопического изучения). М., Эслан, 2004, 184с.

Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Герасименко Л.М. и др. Углеродистые породы и золото в них бассейна Витватерсранд, ЮАР- исследования с помощью электронного микроскопа. М., Эслан, 2005, 120с.

СПИРАЛЬНЫЕ И ВИНТОВЫЕ КРИСТАЛЛЫ

Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Кривовичев С.В.

В низкотемпературных гидротермальных жилах Хибинского массива нами встречены крайне необычные спиральные и винтовые нитевидные кристаллы тодорокита, а в 2004 г. точно такие же по морфологии кристаллы малахита описаны в кавернозных известняках Ю.Тироля. Первый вид спиральных кристаллов представляет собой обычную Архимедову спираль, второй - винтовую цилиндрическую или коническую спираль. Количество витков и в тех, и в других достигает 10 для тодорокита и немного более для малахита, причем, чем тоньше кристалл, тем больше витков имеет его спираль. Встречаются и право- и левосторонние спирали. Рост нитевидного кристалла большинство ученых связывают с наличием одной единственной винтовой дислокации, вокруг которой и происходит спиральное нарастание слоев. Образование же спиральных и винтовых нитевидных кристаллов являет собой результат самоорганизации на макроуровне, механизм которого пока совершенно не ясен. Близкие по морфологии спиральные нанотрубки углерода, количество витков в которых исчисляется уже десятками, получены посредством каталитического разложения ацетилена на молекулярных ситах в строго лимитированном температурном интервале, - при больших или меньших температурах регулярные структуры не возникают, подобно тому, как это происходит во всех диссипативных структурах (ячейки Бенара, вихри Тейлора, автоколебательное горение, реакция Белоусов-Жаботинского и т.д.). Пока мы склонны связывать происхождение спиральных кристаллов с их автодеформацией в процессе роста.

ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СРЕДЫ НА МОРФОЛОГИЮ ДЕНДРИТА, РАСТУЩЕГО ЗА СЧЕТ ДИФФУЗИИ

Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Горяинов П.М.

Процессы ОДА, хорошо изученные в ходе численных и физических экспериментов, протекают за счет случайного и необратимого прилипания диффундирующих частиц к растущему из раствора кластеру. Известно, что возрастание степени анизотропности кристаллической решетки и неравновесности процесса кристаллизации (степени пересыщения, переохлаждения) ведет к смене роста дендрита на рост скелетного и, далее, полногранного кристаллов. Изучалось и влияние анизотропии подложки на морфологию дендрита - чем выше анизотропия подложки, тем ближе дендрит к скелетному кристаллу. Наши наблюдения над природными дендритами и скелетными кристаллами, растущими в твердой среде за счет диффузионных процессов, показывают, что их морфология, в основном, определяется степенью различия кристаллических структур дендрита и матрицы. Так, диффузионный рост Sr-Ca-REE карбоната доннейита-(Y) в кристаллах его различных по структуре стронциевых аналогах: эвальдите и маккельвиите-(Y) - порождает идентичные по пористости ($^2D = 1.7$) скелетные кристаллы (в случае изоструктурного маккельвиита) и совершенно не упорядоченные водорослевидные дендриты (в случае эвальдита). Иными словами, ОДА-структуры могут возникнуть не только в относительно изотропных расплаве, растворе, геле и т. д., но и в сильно анизотропной кристаллической среде. Необходимым условием последнего, по-видимому, является сильное различие кристаллических структур исходной и растущей фаз, достаточное для исключения влияния матрицы на рост дендрита. В том случае, когда параметры кристаллических решеток матрицы и растущей фазы практически идентичны, образуется не менее рыхлая структура, но с четко выраженной симметрией, свойственной рассматриваемым веществам (скелетный кристалл).

Пленарные заседания.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ИХ СИНЕРГЕТИКА

Барышев А.Н.

ФГУП ЦНИГРИ, metallogeny@tsnigri.ru

Рудообразование, создающее крупные компактные концентрированные массы полезного ископаемого, относится к завершению длительного и сложного процесса общей дифференциации вещества Земли, реализуемой путем адвекции (конвекции) в твердом и расплавленном состоянии. Верхние части адвективных систем, переносящие тепло в градиентном температурном поле, попадая в области декомпрессии, последовательно снижают свою вязкость. Кооперативное действие (синергизм) гравитационного и теплового полей Земли приводят к развитию фрактальной структуры адвективной системы, в которой на крупных поднятиях образуется серия мелких волновых осложнений, а на каждом мелком – серия еще более мелких.

Из уравнения Рэлея, описывающего условия реализации неустойчивости систем, следует, что при уменьшении вязкости на три порядка размер подобной конвективной системы уменьшается на один порядок.

Фракталам адвективной системы Земли соответствуют разномасштабные тектонические, геодинамические и металлогенические системы, периодически повторяющиеся в пространстве через определенные расстояния (длину волны, или шаг на уровне земной коры). Системы I порядка (океаны, планетарные металлогенические провинции и пояса) регулируются ячейми тепловой конвекции в жидком ядре Земли и соответствующей адвекцией мантии; системы II порядка (фундамент платформ и щиты, окраинные моря и островные дуги, металлогенические провинции и пояса) – адвекцией астеносферы при вязкости 10^{20} - 10^{21} П (пуаз), с шагом ячеей 1-2 тыс. км; системы III порядка (металлогенические области, суперрайоны) – адвекцией астенолинз при вязкости около 10^{17} П, с шагом около 300 км; системы IV порядка (первичные магматические очаги, магматогенно-рудные узлы) при вязкости 10^{14} П и менее, с шагом около 30 км. Наличие систем III порядка было сначала предсказано при ранжировании систем по их размерам и соответствующей вязкости. Реальность таких систем, имеющих протяженность до 150 км и названных суперрайонами, демонстрируется на примере резко повышенной концентрации в них медных и золотых месторождений на Урале, алмазонасных полей Сибирской платформы и Восточной Европы.

Упорядочение структуры диссипативной системы с ее диссимметризацией играло определенную металлогеническую роль. Первое нарушение симметрии ядра Земли обусловлено одноячейистой конвекцией с деструкцией протокры и образованием Протопацифики над восходящим потоком масс и энергии, а над нисходящим потоком – с аккрецией протокры и образованием суперконтинента. Под Протопацификой могло произойти пластическое перемещение оловоносной части мантии на периферию, что определило оловоносную специализацию ряда рудных формаций на окраинах Тихого океана. Современная четырехволновая в объеме конвективная система в ядре Земли отвечает распаду суперконтинента и развитию четырех океанов. В системах II порядка важным представляется формирование на краю ячеей S-образных в разрезе зон, включающих центростремительную субдукцию, центробежную обдукцию сил и эдукцию субдуцированных толщ. Эдукция формирует фундамент краевых вулканоплутонических поясов и обеспечивает чрезвычайно большую продуктивность меднопорфировых и золотоносных систем за счет регенерации древних руд в крутопадающих толщах фундамента. Системы III порядка (положительные фазы волн) способствуют подготовке наиболее благоприятных условий для зарождения магматических очагов – систем IV порядка, в которых начинается плавление и наиболее интенсивно протекает дифференциация вещества, приводя к формированию рудных месторождений.

СОВРЕМЕННЫЕ КОЛЧЕДАННЫЕ РУДЫ НА ОКЕАНСКОМ ДНЕ: ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ, УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Бортников Н.С.
УРАН ИГЕМ РАН

В 1979 на Восточно-Тихоокеанском поднятии на 21° с.ш. в зоне спрединга океанского дна на глубине 2 600 м были открыты источники, из которых изливались высокотемпературные флюиды несущие частицы сульфидов («черные курильщики» и отлагавшие сульфиды, образующие трубообразные сульфидные постройки («chimneys») на новообразованных базальтах. За прошедшие 30 лет в Мировом океане обнаружено более 300 зон гидротермальной активности, из них более 125 - высокотемпературные источники. Выявлено 12 геодинамических обстановок (тектонических структур), к которым приурочены залежи колчеданных руд на дне океана. Большая часть из них приурочена к срединно-океаническим хребтам (~ 60%), зонам спрединга в задуговых бассейнах (~ 20%) и островодужным обстановкам (~ 15%). На Срединно-Атлантическом хребте сульфидные руды выявлены в зонах неовулканизма и ассоциируются с базальтами и в зонах срыва (detachments), где на поверхность океанского дна выведены глубинные интрузивные комплексы, сложенные перидотитами, габбро, долеритами и реже плагиогранитами. В зонах спрединга в задуговых бассейнов и островодужных обстановках сульфидные залежи обнаружены а ассоциации с базальтами и в кратерах вулканов, сложенных дацитами и риодацитами. В подавляющем большинстве случаев сульфидные залежи представлены одиночными трубообразными постройками и кластерами труб высотой в первые метры, реже первые десятки метров, отделенных друг от друга участками в десятки и сотни метров, но встречены холмообразные залежи размером в сотни метров протяженностью и десятки метров шириной и мощностью. Сложены они как правило сульфидами железа (пирротин, пиритом и марказитом), сульфидами меди и железа (халькопиритом и изокубанитом), сфалеритом реже галенитом. Они содержат от 0.7 до 16.4 % Cu, от 4.1 до 20.3 % Zn, от 6.3 до 25.7 % Fe, от <0.1 до 10.1% Pb, от 0.8 до 13.2 г/т Au и от 85 до 790 г/т Ag. Исследование флюидных включений в минералах выявило, что температуры и соленость минералообразующих флюидов (соответственно 310-415°C и 2.3- 7.2 мас. % эквивалентных NaCl) изменяются значительно: температуры гомогенизации флюидных включений оказались как выше, так и ниже значений измеренных температур изливающихся флюидов, а соленость флюидов превышает соленость морской воды в 2 – 8 раза. Показано, что фазовая сепарция флюида приводит к образованию малоплотной и жидкой фаз, различающихся по солености и кислотности-щелочности. Минералообразующие флюиды содержат углекислоту (магматического происхождения), метан и предельные и непредельные углеводороды. Показано, что «абиогенные» углеводороды образовались при взаимодействии CO₂ морской воды с породами или дегазации магмы. Мантийные углеводороды преобладают в гидротермальных системах, ассоциированных с породами океанского ядерного комплекса. Выявлено изменение отношения ³He/⁴He во флюидах, отлагавших сульфиды в разных геодинамических обстановках, отражает неоднородность мантии или взаимодействие флюида с породами, содержащими разные концентрации радиогенного He – продукта распада U и Th. Установлено смешение верхнемантийного He с радиогенным He из морской воды или образовавшегося «in situ» при распаде U и Th. Исследование изотопного состава серы в сульфидах выявило различие ее источников и поведения в различных гидротермальных системах: в системах ассоциированных с базальтами показало смешение серы из двух источников: из базальтов (δ³⁴S –2.3 до +0.4‰) и восстановленной сульфатной серы морской воды, в

гидротермальные системы, ассоциированных с ультрамафитовыми комплексами где величина $\delta^{34}\text{S}$ в сульфидах изменяется от -5 до +15 ‰, поступал сероводород, образовавшийся при 2-х стадийной серпентинизация перидотитов: (1) H_2S обогащенный изотопом ^{34}S возникает при 400°C и (2) взаимодействие с неизменными породами при 300°C увеличивает долю изотопа ^{32}S . В задуговых и островодужных системах, где значения $\delta^{34}\text{S}$ отлагавшихся в них сульфидах изменяются от -7 до +11 ‰, вовлекался сероводород, образовавшийся при диспропорционировании магматогенного газа SO_2 . В этих системах доказано участие летучих, отделившихся при кристаллизации магмы. На океанском дне образуются залежи, сложенных исключительно богатыми рудами меди, цинка и свинца с высоким содержанием золота и меди. Эти руды обычно в несколько раз богаче эксплуатируемых на суше известных колчеданных руд. Оцененные резервы построек от 500,000 т до 10 миллионов тонн руды. Стоимость металлов в одной тонне оценивается в 400-1500 долларов США. Разработка подводных сульфидных залежей привлекательнее, чем колчеданных руд на суше, т.к. нет необходимости возводить города, строить дороги, шахты и т.п. Можно полагать, что ресурсы океанских сульфидных руд огромны: океаны и моря покрывают 71% Земли, поверхность Тихого океан вдвое больше площади всех континентов. Подводные разработки сульфидных руд – новая парадигма в добыче металлов в 21 веке: запасы континентальных руд на суше необратимо истощаются и человечеству потребуются новые источники минерального сырья.

**СИНЕРГЕТИКА И ПРОБЛЕМА ЕЕ АДАПТАЦИИ
К ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ
(КОГНИТИВНЫЙ - ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ):
ПОМОЖЕТ ЛИ СИНЕРГЕТИКА ТЕКТОНИКЕ ПЛИТ,
И ОБОЙДЕТСЯ ЛИ ГЕОЛОГИЯ В ЦЕЛОМ БЕЗ СИНЕРГЕТИКИ?**

Горяинов П.М.

Мировая геология стремительно накапливает опыт своей адаптации к достижениям физических наук и математики и вполне обоснованно начинает претендовать на достойное место в ряду естественных наук.

К сожалению, этого времени все же оказалось недостаточно для прорастания принципов теории самоорганизации (теории сложных систем или синергетики) в почве традиционных понятий, бесчисленных аксиом, допущений и принципов формирования геологических «теорий», гипотез, прогностических решений, принятых в складывающейся веками геологии. Удалось ли преодолеть априорное предубеждение геологов рассматривать синергетику, синергетические принципы решения традиционных задач как некую избыточность, как удел любителей потеоретизировать на тему звучных многолетних геологических проблем, как еще один способ самовыражения, и только? Скорее всего, нет. Даже наоборот, круг этих специалистов, в лексике которых впадет и не впадет проскакивают ключевые слова и понятия синергетики, заметно расширился. Можно сказать, что за счет этого контингента часть индифферентно настроенных людей перешла в разряд скептиков. Но ведь именно из этого контингента геологическая синергетика может формировать своих адептов. Другого нет и не будет. Смеем надеяться, что традиционный переход от «этого не может быть» к «в этом что-то есть» и далее к «это вполне очевидно» зафиксирован пока на второй стадии.

Аудитория чаще всего вполне готова воспринимать физические основы теории самоорганизации, с тем, чтобы обсуждать адекватность геологических иллюстраций ее теорем и принципов. Но лишь только дело касается таких канонических понятий геологии, как, например, неочевидность тектонического транспорта даже при морфологическом разнообразии складок, сдвигов, надвигов, как кооперативность, а не аддитивность (независимость) эпизодов становления и функционирования ансамблей, совмещенных в едином объеме, как выяснение вопроса о том, есть ли различия между деформацией и структурированием, как складчатость и ее не-деформационная, а автоволновая природа, как природа метаморфизма, наконец, то немедленно возникает барьер непонимания, отторжения и даже протеста. Приходится терпеливо разъяснять, что дело не в отрицании возможностей познать, не в агностицизме, как бодро определялись недавние передовики марксистской диалектики, а в фиксации внимания коллег на *отсутствии* фундаментального обоснования подавляющего большинства привычных динамических конструкций.

Как выразился после ознакомления с нашей книгой уважаемый нами ученый, член РАН, лишившись своей удобной позиции, комфортной позиции большинства, геологический истеблишмент и доминирующие среди них «ретрограды не сдадут своих позиций по двум причинам. Во-первых, у них не хватает знаний, которые могли бы помочь понять суть дела, а, во-вторых, они кормятся, а за кусок хлеба даже русский интеллигент может вступить в борьбу, даже кровавую схватку с истинноносителями. Не стройте иллюзий, но работать надо, ибо движение вперед, даже если его траектория отличается зигзагами, все равно прогрессивно и рано или поздно приведет к истине».

Необходимо начинать с «первичного» обучения - в студенческой, магистерской, аспирантской аудитории, подготовке принципиально новых учебных планов и даже учебных стандартов.

О ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДОЛГОСРОЧНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕДР И ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОССИИ НА ОСНОВЕ БАЛАНСА ПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Донской С. Е., Милетенко Н. В.

Ресурсным обеспечением мероприятий Программы на 2008-2010 годы на геологоразведочные работы предусмотрено 66789 млн. рублей из федерального бюджета (22263,3 млн. рублей в год) и привлечение 590633,6 млн. рублей средств недропользователей (196877,9 млн. рублей в год).

Федеральным законом о федеральном бюджете на 2009 год на плановый период 2010-2011 годов объем финансирования на был установлен в размере 18931,019 млн. руб. (85% от среднегодового объема, предусмотренного Программой). Объем средств недропользователей в 2009 году ожидается на уровне 210590,3 млн.руб. Приоритетными задачами 2009 года на твердые полезные ископаемые являются: концентрация поисковых работ на перспективных объектах в пределах предполагаемых центров экономического роста; укрепление минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий; проведение поисковых и поисково-оценочных работ с целью создания новых и альтернативных сырьевых баз стратегических и дефицитных видов полезных ископаемых: на железо, олово, серебро и полиметаллы в Магаданской области, медь на Чукотке, платину на Северном Кавказе, золото и хромовые руды в Туве, дефицитное оптическое сырье в Красноярском крае; алюминиевое и цементное сырье в Иркутской области.

Работы на твердые полезные ископаемые за счет средств федерального бюджета в 2009 году выполняются на 236 объектах в 37 субъектах Российской Федерации. Общий объем финансирования – 5421,2 млн.рублей, что составляет только 72% к прошлогоднему уровню (в сопоставимых ценах) или 80% от объемов бюджетного финансирования, предусмотренных в мероприятиях Программы.

В работах на твердые полезные ископаемые по сравнению с 2008 годом существенно возросла доля собственно поисковых работ, сократились объемы работ на золото, черные металлы, урановое сырье при увеличении - на цветные и редкие металлы.

Спектр изучаемых видов полезных ископаемых и география исследований в 2009 году в целом не изменились. Усилены работ на медь на Чукотке, полиметаллы на Алтае и Северном Кавказе, марганец в Хабаровском крае. В связи с планом развития транспортной инфраструктуры Дальнего Востока и юга Сибири начаты работы на железо, олово, серебро и полиметаллы в Магаданской области, алюминиевое и цементное сырье в Иркутской области, золото и хромовые руды в Туве. Начаты работы на цементное сырье в Новгородской области, на платину на Северном Кавказе, на графит в Мурманской области, дефицитное оптическое сырье в Красноярском крае, базальтовое волокно в Башкортостане, тугоплавкие глины в Ростовской области. Работы на твердые полезные ископаемые за счет средств внебюджетных источников в 2009 году выполняются на 1680 объектах с общим объемом финансирования – 30 048,9 млн. рублей. Это составляет 84% от уровня внебюджетного финансирования 2008 года (в сопоставимых ценах), но в более чем в 1,8 раза превышает объемы внебюджетного финансирования, предусмотренные в мероприятиях Программы.

В 2009 году, как и в предыдущие годы, большая часть средств недропользователей (65%) направлена на проведение геологоразведочных работ на благородные металлы и алмазы, из них 56% – в Дальневосточном федеральном округе.

На черные, цветные и редкие металлы приходится 19% от общего объема внебюджетного финансирования геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, из них около 50% – на Сибирский федеральный округ. Кроме средств федерального бюджета и внебюджетных источников геологоразведочные работы на твердые полезные ископаемые выполняются в незначительных объемах за счет средств бюджетов субъектов Российской Федерации (в 2009 году - 401 млн. рублей). Наиболее значительная часть из них приходится на черные, цветные и редкие металлы – 69%; твердое топливо (угли) - 9%; уран - 8%; неметаллы - 5%; благородные металлы и алмазы - 4%; тематические - 5%.

Анализ хода и результатов выполнения мероприятий Долгосрочной программы показал некоторое сокращение в 2009 году (объемов финансирования работ, что приводит: к уменьшению изученности территории и континентального шельфа Российской Федерации работами общегеологического и специального назначения, снижению прироста изученности территорий, подверженных опасным геологическим процессам и явлениям; ухудшению возможности подготовки новых лицензионных участков для недропользователей, локализации ресурсного потенциала углеводородов и твердых полезных ископаемых в слабоизученных регионах. По мероприятиям Программы по воспроизводству минерально-сырьевой базы отмечается сокращение количества объектов, направленных на локализацию ресурсов углеводородного сырья - с 205 объектов в 2008 году до 120 объектов в 2009 году, твердых полезных ископаемых - с 274 до 236. Прирост ценности недр за счет локализации и оценки прогнозных ресурсов в 2009 году ожидается в 2,2-2,4 раза ниже уровня 2007-2008 годов.

Достижение запланированных Программой приростов ресурсов и запасов полезных ископаемых обеспечивается повышением эффективности размещения государственного заказа и реализацией мер по стимулированию геологоразведочной деятельности недропользователей.

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ В КЛАССИФИКАЦИЯХ АКАДЕМИКА В.И. СМИРНОВА

Ерёмин Н.И.

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, eremin@geol.msu.ru

По промышленному использованию все множество полезных ископаемых и их месторождений В.И. Смирнов подразделял на металлические, неметаллические (нерудные), горючие и гидро- и газоминеральные. При этом под неметаллическими (нерудными) он понимал обширную группу минералов и горных пород, из которых не извлекают в качестве главного компонента большинство металлов, которые не представляют собой углеводороды и углеводородные виды энергетического сырья, гидроминеральные и газообразные ресурсы.

В промышленной систематике месторождений полезных ископаемых, составленной Н.П. Ермаковым с дополнениями В.И. Смирнова (Смирнов, 1969, 1976) месторождения неметаллических полезных ископаемых подразделяются на месторождения минералов (Б), месторождения кристаллов (В), месторождения аморфных и скрытокристаллических веществ (Г) и месторождения горных пород (Д). Дальнейшее подразделение выделенных групп основано на преимущественном использовании сырья в различных отраслях производства: металлургическое и теплоизоляционное сырье (Б1), химическое и агрономическое сырье (Б2), техническое сырье и драгоценные камни (В1), пьезооптическое сырье (В2), поделочное сырье и цветные камни (Г), строительные материалы и стекльно-керамическое сырье (Д1). Месторождения элементов или их соединений (А) в этой систематике были представлены исключительно рудами металлов.

Позднее в середине 80-х гг. минувшего столетия В.И. Смирнов, обсуждая эту систематику, согласился с тем, что большую часть представителей химического и агрономического сырья (галолиты, сера, апатиты, фосфориты, бораты, боросиликаты и др.) правильнее рассматривать среди месторождений элементов или их соединений (А). Подобно рудам различных металлов, ценными компонентами этих видов сырья являются химические элементы или их соединения, но в отличие от первых их переработка (извлечение ценного компонента) большей частью осуществляется химическим путем, а не металлургическим переделом.

К настоящему времени геолого-промышленная классификация неметаллических полезных ископаемых (свыше 150 видов) и их месторождений включает следующие группы (Ерёмин, 1991, 2007): 1) химическое и агрономическое сырье (месторождения химических элементов или их соединений, получаемых при переработке различных минералов и горных пород), 2) индустриальное сырье (месторождения минералов с их ценными утилитарными свойствами), 3) индустриально-камнесамоцветное сырье (месторождения кристаллов, их агрегатов и скрытокристаллических веществ), 4) строительно-конструкционные минералы и сырье для их производства (месторождения горных пород).

В сводной генетической классификации месторождений полезных ископаемых В.И. Смирнова неметаллические полезные ископаемые фиксируются во всех сериях, группах, классах и более дробных подразделениях.

Литература

- Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. Издание второе. М.: Недра, 1969.
Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. Издание третье. М.: Недра, 1976.
Ерёмин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. М.: МГУ, 1991, 2007.

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ В.И. СМИРНОВА И НОВАЯ ПАРАДИГМА ЭНДОГЕННОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ

Ковалев А.А.

Музей земледования МГУ, kov2121@mail.ru

В.И. Смирнов является лучшим и достойнейшим учеником проф. В.М. Крейтера, создателя учения о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, в основе которого разработанная им классификация промышленных типов месторождений (Крейтер, 1940).

В геотектонике советские ученые развивали учение о геосинклиналях. В 1955 году Ю.А. Билибин начал оформление первой парадигмы региональной металлогении, создав концепции о взаимосвязи процессов рудообразования с осадконакоплением, тектоническими движениями, магматизмом и метаморфизмом. Ю.А. Билибин предложил и геотектоническую классификацию месторождений полезных ископаемых, выделив генетические типы месторождений, формировавшихся на ранней, начальной, средней и поздней стадиях развития геосинклиналей.

В.И. Смирнов до 1949 г. вместе с В.М. Крейтером преподавали в МГРИ, а в 1952 г. стал зав. кафедрой геологии и геохимии полезных ископаемых в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова. На основе прочитанных курсов лекций им создан знаменитый учебник «Геология полезных ископаемых» в 1965 г., в 1969 г. (второе издание). В основе учебника характеристика типов месторождений полезных ископаемых. Также рассматриваются эпохи и эволюция рудообразования в истории Земли. Учебники В.И. Смирнова стали настольными книгами геологов как практиков, так и ученых. Одновременно продолжая фундаментальные исследования, В.И. Смирнов установил связь колчеданных месторождений с подводным базальтовым вулканизмом (Ленинская премия 1972 г.), полигенность и полихронность стратиформных месторождений на ранних этапах и эпигенетических преобразований на позднем этапе (Государственная премия 1986 г.). Указанные исследования значительно дополнили и расширили ранее созданную парадигму металлогении.

С появлением более совершенной, чем геосинклиальная гипотеза, геотектонической основы – теории тектоники плит, с конца 60-х годов появилась возможность пересмотра огромного фактического материала и идей существовавшей парадигмы и создания новой парадигмы эндогенной металлогении. Об этом автором вначале было заявлено на I Всероссийском металлогеническом совещании, состоявшемся на Урале в 1993 году. Сейчас удалось опубликовать «Новую парадигму минерогении», включающую новую парадигму эндогенной металлогении (Ковалев, 2009).

В докладе автор покажет роль В.И. Старостина, О.Г. Сорохтина, С.А. Ушакова и других исследователей в создании новой парадигмы минерогении. Не останавливаясь на ее содержании, укажем, что в ней продолжено развитие главных идей из наследия В.И. Смирнова (отмеченных Премиями, см. выше).

В 1986 г. автор, используя прогрессивную модель колчеданного рудообразования на океанском дне, создал концепцию о крупнейших эксгальционных и эксгальционно-осадочных вольфрам- и молибден-содержащих месторождениях, которые формировались в особых (довольно редких) геодинамических обстановках океанского дна – над короткими системами спрединга, связанных с трансформными разломами, в пул-апарт малых бассейнах, в спрединговых окраинных морях. В значительно более позднюю стадию при развитии орогенных складчато-надвиговых поясов возникали эпигенетические (регенерированные!) жильные и штокверковые более богатые рудные залежи.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ ПОЛИТИКА И НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

Козловский Е.А.

Основой социально-экономической безопасности являются ресурсы, в первую очередь минерально-сырьевые. Особую прочность экономической безопасности России следует придать путем изучения рачительного государственного использования минерально-сырьевых ресурсов.

В СССР в короткие исторические сроки была выстроена система геологических исследований и было обеспечено создание мощной минерально-сырьевой базы. Но после распада СССР положение в минерально-сырьевом секторе России резко осложнилось. Многократно сократились объемы геологоразведочных работ на все виды полезных ископаемых. Состояние сырьевой базы важнейших горнодобывающих регионов и действующих предприятий резко ухудшилось. Исчерпан поисковый задел. Система управления геологическим изучением недр разрушена. Весьма ослабленная по численности и профессиональной подготовке геологическая служба не в состоянии исправить существенные перекосы, возникшие в сфере перспективного обеспечения минерально-сырьевыми ресурсами. Сырьевой кризис может остро проявиться через лет 10, но к этому времени точка невозврата будет пройдена. Уже в течение десятилетия приростом запасов не компенсируется объем использованной части минерально-сырьевой базы. Такое положение никогда не имело места в России.

Настало время понять, что существующая система управления процессом изучения недр себя не оправдала. Она привела к резкому снижению научно-практического потенциала отечественной геологической службы, потере серьезного научного задела, развалу территориальных геологических организаций и производственно-технического обеспечения, потере квалифицированных кадров.

Настало время искать новые пути, которые должны учесть десятилетиями накопленный положительный опыт отечественной геологической службы. Но это потребует огромного объема работы, поскольку в рамках действующего правового поля воссоздание геологической службы, системы изучения недр не представляется возможным.

В стране на федеральном уровне отсутствует государственный орган управления геологическим изучением недр и воспроизводством минерально-сырьевой базы. Даже слово «геология» отсутствует в названии Роснедра и МПР России. Основное направление деятельности Роснедра является выдача лицензий на использование богатств, созданных многими поколениями геологов страны.

Период восстановления, если удастся реализовать даже радикальные шаги, будет долгим, соизмеримым с периодом серьезных разрушений. Сейчас крайне важно «вдохнуть» в оставшиеся производственные и научные геологические организации веру в будущее, на возрождение системы изучения недр, надежду и веру в мощную минерально-сырьевую базу России, ее перспективный потенциал – составную часть национальной безопасности страны.

РУДООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ – РАЗВИТИЕ ИДЕЙ В.И. СМИРНОВА

Кривцов А.И.

ФГУП ЦНИГРИ, krivtsov@tsnigri.ru

В 1989 г. к XXVIII сессии МГК вышел сборник докладов отечественных геологов «Рудообразующие процессы и системы». В предисловии к этому изданию его редактор В.И.Смирнов писал: «По отношению к генезису рудных месторождений природной системой является совокупность взаимосвязанных геологических процессов, обстоятельств и обстановок, определяющих условия их формирования». Для анализа таких систем и рудогенеза вообще принципиальное значение имеют источники рудного вещества, энергообеспечение рудонакопления, флюиды (носители вещества) и их динамика, а также условия рудоотложения, чему посвящены многие исследования В.И.Смирнова.

К рудообразующим принято относить такие геологические процессы и явления, которые сопровождаются обособлением значительных масс высококонцентрированного рудного вещества за счет его однонаправленной миграции с падением содержания в одних и ростом в других участках земной коры, что сопряжено с более широкими собственно геологическими процессами. Рудообразование требует совмещения в пространстве (и во времени) источников энергии и транспортирующих агентов, путей их транспортировки и областей рудонакопления. Основные энергозатраты при рудообразовании, вероятно, приходится преимущественно на перемещение рудного вещества из областей заимствования в области накопления при разнообразии природы энергообеспечения (как геологические тела, так и процессы). Рудогенетические модели, построенные с учетом перечисленных элементов, так или иначе отражаются в классификациях и группировках месторождений, что обобщает накопленный опыт прямого их изучения и результаты реконструкций условий рудообразования.

Рудообразующие процессы в наиболее общем случае разделяются на собственно плутоногенные (магматические) и гидротермальные (плутоногенные, вулканогенные, рециклинговые, метаморфогенные, седиментогенные – конседиментационные). Отечественные достижения в рудно-формационном анализе и прикладной металлогении позволяют определить вещественные составляющие систем и разделить геологические формации по роли в рудогенезе на рудовмещающие (РВ), рудоносные (РН), рудогенерирующие (РГ), рудообразующие (РО), что отражает среду миграции и рудоотложения, источники транспортирующих агентов, рудного вещества, энергии, Этим определяется вещественная структура рудообразующих систем, в которых в крайнем варианте могут совмещаться четыре разных геологических формации. С другой стороны возможно, что только одна из них обладает всеми свойствами системы (РВ+РН+РГ+РО). Выделяемым выше рудообразующим процессам отвечают различные вещественные системы с разными вариантами роли геологических формаций в накоплении руд. В принципе рудообразующие системы близки т.н. металлогеническим формациям, которые ранее выделялись российскими, казахстанскими, болгарскими исследователями как устойчивые сочетания (ассоциации) собственно геологического (формации) и рудного (месторождения) вещества. Такого рода ассоциации – основа прикладных металлогенических построений и фактографическая база для развития теоретической и общей металлогении (минерагении).

ПРОБЛЕМЫ ПОЛИГЕННОГО-ПОЛИХРОННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ (U, AU)

Лаверов Н.П., Сафонов Ю.Г., Величкин В.И.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия, safonov@igem.ru

Проблема полигенных-полихронных рудных месторождений имеет давние корни, возникшие еще в среде соотношений непутизма-плутонизма, лаконично и обстоятельно рассмотренных В.И. Смирновым (1987) в специальной работе, но выделилась как одна из важнейших в теории рудообразования во вторую половину прошлого века. Полигенность-многоэтапность формирования месторождений выделены по предложению В.И. Смирнова как составляющие одного из 5 приоритетных направлений теоретических и прикладных исследований в рудной геологии на XXVIII сессии Международного геологического конгресса в Вашингтоне, в 1989. В отечественной школе рудной геологии первостепенное значение в таком выделении имели работы В.И. Смирнова и ряда его единомышленников по изучению колчеданных месторождений вулканогенно-осадочного происхождения, а также стратиформных-стратоидных месторождений (Pb,Zn,Cu и др.). В совокупности эти месторождения отражают значительный диапазон полигенности рудных концентраций – по источникам рудного вещества и процессам рудообразования. Но этот диапазон оказался последовательно возрастающим. К настоящему времени им охватываются не только месторождения основных цветных металлов, но и уран, благородные и редкие металлы.

Обоснование полигенности урановых месторождений типа несогласия и некоторых других, привело к выделению серии полигенных месторождений как одной из четырех генетических серий рудных месторождений, наряду с эндогенной, экзогенной и метаморфогенной (Лаверов, 1986). При этом, изменяются и представления о полигенности месторождений. Определенно выделяются контрастно полигенные, сформированные при последовательном проявлении процессов рудообразования, относящиеся к различным генетическим сериям (колчеданные полиметаллические, гидротермально-осадочные и др.) и полигенные одной генетической серии, которые характерны как для эндогенной, так и экзогенной. Для урановых рудных концентраций имеют, примерно, равное значение те и другие генетические категории месторождений. К контрастно полигенным относятся месторождения «типа несогласия» района Алигейтор-Ривер (Австралия), сформированные в течение 4-х этапов, в общем интервале времени от 1650-1600 до 640-600 млн. лет, с последовательным образованием зон ураноносных метасоматитов, древних кор выветривания, их размывом и инфильтрационным – гидротермальным обогащением, с локализацией богатых урановых концентраций и отложением на некоторых участках руд меди, золота, ртути. Полигенность урановых месторождений экзогенной серии отражена в определенных сочетаниях седиментационного и инфильтрационного образования урановых концентраций в песчано-сланцевых комплексах, среди которых выделяются стратиформные и штокверковые руды в углеродистых сланцах. Полихронность этих урановых концентраций увязывается с цикличностью формирования осадочных бассейнов, с процессами диагенеза, катагенеза. При проявлении процессов метаморфизма урановорудные скопления относятся уже к первой категории, в которую входят урановые, урансодержащие золотоносные рифы Витватерсранда. Исследования последних лет привели к обоснованию версии конседиментационного гидротермального образования рудоносных рифов (Сафонов, Прокофьев, 2006). Конседиментационный механизм формирования рудной минерализации активно проявился на фоне угнетенных процессов отложения осадков, их метасоматического замещения, как и части галечного

материала, по существу в течение-вместо диагенетического преобразования последних, и образования «псевдоконгломератов» в коллоидно-гелевых процессах и упорядоченной деструкции рудных минералов. Среди золоторудных месторождений к контрастно полигенным относятся, в основном, месторождения, залегающие в сланцевых комплексах, среди которых – Мурунтау, крупнейшее по локализации золота (> 4000 т). Первичные концентрации золота здесь создавались в процессе метаморфизма, но его основная масса была привнесена при проявлявшейся поэтапно магматогенной флюидной активности, связанной с коровыми и, вероятно, верхнемантийными источниками. Сходной генетической моделью характеризуется формирование месторождения Сухой Лог, очевидно, при основной роли коровых эндогенных процессов. Особое место среди полигенных месторождений занимает месторождение Олимпик Дэм, уникальное по совмещению гигантских концентраций меди, урана, золота. Здесь предполагаются разновозрастные магматические источники рудного вещества, реализованные в процессах развития мощной флюидной системы, во многом еще не изученной.

Проблему полигенности-полихронности рудообразования, вероятно, можно оценить в целом как находящуюся в процессе становления. Условия, механизмы совмещения осадочных, инфильтрационных и гидротермальных процессов, как и поступление разновременных специализированных потоков магматогенных и метаморфогенных растворов в определенные участки земной коры, природа их металлоносной специализации, вместе с общей проблемой источников рудообразующих компонентов, как и многое другое, требуют целевых исследований. Возрастающие возможности детального минералогического и геохимического изучения месторождений и рудоносных площадей, включая прецизионные изотопно-геохимические методы, являются благоприятным фактором для достижения результативности этих исследований. Но, одновременно, можно констатировать снижение объемов и качества традиционного геологического изучения рудных объектов, без которого вышеназванные исследования не могут быть эффективными. Разработка проблем полигенности-полихронности рудообразования требует и новых подходов в геолого-минералогических исследованиях. Одним из таких представляется изучение месторождений как минеральных систем, с установлением последовательности формирования минеральных комплексов, времени и условий их развития, что, в принципе, заложено в методологии разработки генетических моделей рудообразующих систем, но остается не исполненным. В общей необходимости раскрытия многофакторных зависимостей формирования месторождений, о которых писал В.И. Смирнов, комплексность исследований на должном качественном уровне имеет важнейшее значение на современном этапе таких исследований. Крайне актуальным представляется упорядочение представлений о полигенных-полихронных месторождениях, их систематика.

Литература.

Лаверов Н.П. Отв. редактор. Основы прогноза урановых провинций и районов.// М.: Недра, 1986, 206 с

Проблемы геологии и полезных ископаемых на XXVIII сессии Международного геологического конгресса. М.: Наука, 1991, 214 с

Сафонов Ю.Г., Прокофьев В.Ю. Модель конседиментационного гидротермального образования золотоносных рифов Витватерсранда (ЮАР).// Геология рудных месторождений, 2006, №6, с 1-37

Смирнов В.И. Плутонизм и нептоунизм в развитии учения о рудных месторождениях. М.: Наука, 1987, 92 с

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ ИЗНАЧАЛЬНО ГИДРИДНОЙ ЗЕМЛИ

Ларин В.Н.

Сопоставление химических составов Солнца, Земли, Луны и пояса астероидов (по метеоритам) выявило функциональную зависимость распределения химических элементов в Солнечной системе от их потенциалов ионизации. На этой основе оказалось возможным определить исходный состав Земли:

Элементы	Si	Mg	Fe	Ca	Al	Na	O	C	S	N	H
Атомн. %	19,5	15,5	2,5	0,9	1,0	0,7	0,6	0,03- 0,3	0,01- 0,1	□0,01	59
Вес. %	45	31	12	3	2	1,5	1,0	0,03- 0,3	0,03- 0,3	□0,01	4,5

Таким образом, в исходном составе Земли по числу атомов водород являлся основным элементом и, следовательно, наша планета изначально была сложена водородистыми соединениями – гидридами. Исследование характера взаимодействия водорода с металлами в широком диапазоне температур и давлений позволило определить эволюционный путь изначально гидридной Земли вплоть до современного этапа.

Модель современной Земли

Сферы	Интервалы глубин	Составы
Литосфера	0 – 150 км	Силикаты и окислы
Металлосфера	150 – 2900 км	Сплавы и соединения на основе Si, Mg, Fe
Ядро внешнее	2900 – 5000 км	Металлы с раствором водорода
Ядро внутреннее	5000 – 6371 км	Гидриды металлов

Эволюция изначально гидридной Земли сопровождалась дегазацией водорода и существенным расширением планеты. Именно эти два фактора определяли специфику тектогенеза и глубинную геодинамику на протяжении всей геологической истории. И они же обусловили изменение характера металлогении во времени от раннего докембрия до мезокайнозоя.

Изначально на планете литосфера отсутствовала. Ее образование было связано с дегазацией водорода. Верхние части металлосферы «продувались» водородом, примесь кислорода выносилась в поверхностные зоны, где происходили химические реакции с образованием силикатов. При этом в зоне низких давлений преобладающими минералами были пироксены, оливин и плагиоклаз. Металлосфера - это сплавы и интерметаллические соединения, для которых нет никаких ограничений на содержание разнообразных металлов. Малая изоморфная емкость кристаллических решеток пироксенов, оливина и плагиоклаза приводила к тому, что при образовании этих минералов по металлосфере все лишнее (сверх стехиометрическое) оказывалось в межзерновом пространстве силикатов в виде разнообразных рудных или самородных выделений. В дальнейшем, при завершении процесса образования литосферы и появлении водного флюида, эти межзерновые выделения служили источником металлов (в том числе, редких) в месторождениях нижнего протерозоя.

Предлагаемая концепция объясняет причину появления воды в эндогенном флюиде на рубеже архея – протерозоя. Водный флюид спровоцировал диафорез архейских гранулитов, который сопровождался резким уменьшением содержаний темноцветных минералов, содержащих железо. В шлифах мы постоянно видим

замещение пироксенов роговой обманкой и далее - светлой слюдой. При этом замещении высвобождалось также 10-12% кремнезема. Таким образом, в нижнем протерозое из верхних горизонтов литосферы выносились громадные количества железа и кремнезема. С этим можно связать появление гигантских месторождений железистых кварцитов, пик запасов которых приходится на возраст 2,4 млрд. лет. И поскольку гранитный слой, в своем преобладающем объеме, сформировался в нижнем протерозое, то становится понятным, почему железистые кварциты не проявились столь же масштабно за пределами этого временного интервала.

Расширение изначально гидридной Земли происходило неравномерно во времени. С конца палеозоя началась акселерация, и особенно интенсивно расширение проявилось в мезо-кайнозое. Из-за уменьшения силы тяжести уменьшились давления в литосфере. Это обусловило распад плотных минеральных фаз, образованных в прошлом при большей силе тяжести. Плотные минеральные фазы (к примеру, высокобарический гранат) способны удерживать в своих решетках разнообразные примеси, в том числе редкие металлы и редкоземельные элементы. Но при распаде плотных фаз эти примеси оказываются в несвязанном виде и распределяются по границам зерен новых минералов (продуктов распада), что способствует их мобилизации при селективном плавлении и промывке мантии глубинным флюидом. В областях длительной тектономагматической активности эти «сброшенные примеси» расходовались на увеличение фоновых концентраций в соответствующих интрузивных сериях. Вместе с тем, существуют литосферные блоки, которые длительное время находились в состоянии тектонического покоя. В таких блоках со временем должны прирастать объемы, с неизрасходованными «сброшенными примесями». В этом мы видим причину особой металлогенической значимости зон активизации, наложенных на древние платформы.

Массовые излияния платобазальтов не сопровождаются сколько-нибудь заметной тектонической активизацией. В данной связи возникают вопросы: откуда взялась энергия для таких громадных масштабов плавления, и почему эта энергия выделялась именно под древними платформами, где мантия (судя по малому тепловому потоку) представляется наиболее холодной. В рамках изначально гидридной Земли акселерация расширения планеты за пределами зон рифтогенеза вызывала уменьшение кривизны литосферных блоков. При этом на подошве наиболее жестких блоков (кратонов древних платформ) появлялись зоны растяжения, в которые внедрялись клинья из металлосферы. При контакте с литосферой большинство элементов из этих клиньев (Si, Mg, Ca, Al, Na, ...) окислялось, отбирая кислород у окислов железа, марганца, у гидроксильных групп, а также от карбонатов, сульфатов и пр. Расчеты показывают: при окислении четырех граммов металлосферного вещества выделяется достаточно тепла для получения 100 граммов силикатного расплава. В некоторых случаях химические реакции перераспределения кислорода прерывались быстрой закалкой магматических расплавов при их внедрении в холодную кору или при излиянии на поверхность. Об этом свидетельствуют находки в траппах зерен самородного алюминия, содержащего примесь магния и кремния, а также самородных выделений Cu, Zn, Pb, Sn, Sb, Cd, Fe в виде разнообразных сплавов (Олейников, Округин, Лескова, 1978). Такова первопричина появления траппов и связанных с ними месторождений. Вероятно, и в более ранние этапы развития Земли подобным образом формировались некоторые базит-ультрабазитовые плутоны с богатыми месторождениями никеля, цветных и благородных металлов.

Согласно нашим представлениям в зонах современного рифтогенеза металлосфера поднимается к поверхности в виде гигантских выступов – диапиров. Под рифтовыми долинами океанов вершины этих диапиров располагаются на глубине 1,5

км от поверхности дна. В континентальных зонах рифтогенеза они располагаются на глубине примерно 35 км. Однако местами языки и гребни, отходящие от этих выступов можно обнаружить на глубине 3-5 км. По этим языкам и гребням устанавливаются потоки водорода, которые выносят «кислородную примесь» из глубоких горизонтов диапиров. В результате верхние части языков и гребней превращаются в силикаты. Этот процесс идет с существенным увеличением объема, и поэтому в рифтогенной зоне (т.е. в зоне растяжения) вырастают изолированные поднятия. Выше мы уже говорили о том, что окисление интерметаллических соединений и сплавов металловосферы, и превращение их в силикаты сопровождается выносом большого количества лишнего материала, в котором немалую долю составляют металлы (редкие, цветные, благородные). Восточно-Тихоокеанский хребет «ныряет» под западные регионы США, вызывая рифтогенное раздробление на обширных территориях. И видимо, не случайно здесь локализована богатейшая провинция с разнообразными кайнозойскими месторождениями (Mn-Pb-Zn-Cu-Ag-Au-...).

Наконец, несколько строк о водородной дегазации Земли. Она должна иметь грандиозные масштабы, но фактов, подтверждающих это, до последнего времени не было. Однако несколько лет назад в России были изобретены газоанализаторы, позволяющие определять концентрацию водорода в полевых условиях (прямо на месте взятия пробы). В 2006 году мы приобрели эти приборы, и за истекшие 4 года установили: дегазация водорода действительно имеет место быть, и масштабы этого явления действительно грандиозны. Сейчас мы не исключаем того, что водород можно будет получать скважинами, как обычный природный газ.

Кроме того, по числу атомов водород является основным компонентом нефти и природного газа. По сути, проблема происхождения углеводородного сырья сводится к проблеме источника водорода. Свободного углерода в земной коре более чем достаточно. И если через нее идут потоки водорода, то непременно должны генерироваться углеводородные соединения. Таким образом, представления экспертов о полном исчерпании запасов нефти и газа (якобы, не возобновляемых) к 40-м годам нынешнего столетия представляются неоправданными. В свете обнаруженной нами водородной дегазации Земли эти ресурсы, во-первых, возобновляются, а во-вторых, их должно быть гораздо больше, чем предполагалось, и в ближайшем будущем нам не грозит энергетический голод.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ КОЛЬСКО-КАРЕЛЬСКОГО РЕГИОНА БАЛТИЙСКОГО (ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО) ЩИТА

Митрофанов Ф.П.

В настоящее время в Карелии разрабатываются месторождения железа (Костомукша), шунгитов и строительных материалов. На Кольском полуострове активно добываются: железо (Оленегорск), Ni и Cu (Печенга), железо, апатит, цирконий (Ковдор), апатит (на фосфор), нефелин (на алюминий), титан (Хибины), тантал, ниобий, цирконий, редкоземельные элементы (Ловозеро).

В последние 20 лет стратегия поисково-разведочных работ крупнейших отечественных и зарубежных горнорудных компаний-инвесторов направлена на обнаружения особо дефицитных и ликвидных ресурсов, преимущественно добываемых открытыми разработками (карьерами) с большими запасами и даже малых содержаний, возможных для извлечения с использованием новых технологий.

Такими в Кольско-Карельском регионе с его хорошо развитой инфраструктурой являются золото-платина-палладиевые металлы, алмазы, а также дефицитные алюминий, хром и титан. В прогнозе, поисках и разведке этих полезных ископаемых задействованы основные силы геологов-металлогенистов разных городов России.

В докладе приводится анализ современных исследований металлогенического профиля, особо успешных в платина-палладиевом направлении, приведших к открытию крупной Кольской платинометальной провинции, а также намечаются пути исследований по золоторудному и алмазному направлениям.

Малосульфидные пироксенит-норит-габбро-анортозитовые массивы панского типа преимущественно с платина-палладиевой промышленной минерализацией и только с добавочной долей Ni и Cu (\pm Au, Rh) слагают крупные массивы в двух закартированных рудных поясах - Кольском и Фенно-Карельском. Около 15 крупных месторождений на Кольском полуострове и в Финляндии подготовлены к разработке. Определены сейчас несколько геолого-генетических типов рудопроявлений, главными из которых являются «базальный» и «рифтовый» типы.

Эти многокамерные расслоенные и многофазные массивы, образованные не менее чем из трех разновидностей базитовых магм, связаны с ранними этапами развития (2530-2400 млн лет назад) внутриплитной Восточно-Скандинавской обширной изверженной провинции, плюмовой природы, многопульсационная магматическая эволюция которой происходила в очень длительный раннепротерозойский период - от 2530 до 1980 млн лет назад.

В средние (~ 2200 млн лет) плюмово-рифтогенные и особенно в поздние (2000-1750 млн лет) этапы рифтогенных и коллизионных процессов происходило формирование рудоносных гипербазит-базитовых интрузивов печенгского типа Cu и Ni специализации и оформление метаморфо-метасоматическими процессами золоторудных скоплений (месторождений), крупные запасы которых обнаружены и разрабатываются в Финляндии и которые в Карелии и в Кольском регионах еще нужно открыть.

**НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ АКАДЕМИКА В.И. СМИРНОВА -
СИСТЕМНАЯ ОСНОВА ПРОГНОЗА РУДОНОСНОСТИ,
МЕТОДИКИ ПОИСКОВ
И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
Оганесян Л.В.**

Одним из крупнейших достижений отечественной геологической школы является создание научно обоснованной системы стадийного геологического изучения недр и проведения геологоразведочных работ.

Научное наследие В.И. Смирнова пронизано логико-методологической взаимосвязью и взаимообусловленностью геологических закономерностей формирования и локализации разнопорядковых рудоносных объектов и методики их прогнозирования, поисков и разведки. Взаимосвязь фундаментальных основ рудообразования и научно обоснованной методики выявления и изучения богатств недр четко прослеживается во всем богатейшем научном наследии В.И. Смирнова, начиная от его первых научных обобщений. Не случайно, что его кандидатская диссертация по материалам исследований рудных полей Средней Азии (1938 г.) была на тему "Закономерности распределения оруденения и методы поисков в Таласском Алатау".

Единство теории и практики было лейтмотивом научного творчества В.И. Смирнова. Его широчайший кругозор охватил все, что связано с эндогенным оруденением: геология и металлогения геосинклинальных складчатых областей, сульфидных и редкометалльных рудных полей и месторождений, эндогенная зональность оруденения от регионального уровня до рудных тел, общие закономерности необратимой эволюции эндогенного рудообразования во всем возрастном диапазоне каменной летописи Земли, металлогения континентов, океанической коры и переходных зон.

Разработка этих сложнейших проблем в конечном итоге замыкалась на создании и совершенствовании методики прогноза, поисков и разведки рудоносных объектов. Был создан научно-методический фундамент полного цикла геологического изучения недр и геологоразведочных работ.

Будучи заместителем министра геологии СССР (1946-1950 гг.), В.И. Смирнов проделал огромную работу по обобщению и систематизации богатого теоретического и методического материала по разведке месторождений, подсчету и классификации запасов полезных ископаемых. Помимо более 40 инструктивных материалов, в 1950 г. вышла в свет монографическая работа Владимира Ивановича "Подсчет запасов минерального сырья". Эта работа стала обобщением огромного практического опыта, накопленного отечественной геологической службой. Она получила дальнейшее развитие в фундаментальной монографии "Геологические основы поисков и разведок рудных месторождений", опубликованной в 1954 году. В этой работе всеохватывающим образом систематизированы генетические, структурные, морфологические, вещественные, многогранные закономерности пространственной и геохронологической локализации разнопорядковых рудоносных объектов от провинции до месторождений и рудных тел. Именно на основе наблюдаемых структурно-вещественных факторов разработаны поисковые признаки и критерии оруденения всей палитры генетических и вещественных групп месторождений. Эти критерии, прямые и косвенные признаки поставлены во главу угла методики прогнозирования, поисков и разведки рудоносных объектов.

Существенно развивая принципиальные основы научного наследия своих предшественников и учителей, В.И. Смирнов завершил создание постадийной системы геологических исследований и геологоразведочных работ. Фундаментом этой системы

стали научные основы пространственной локализации разнопорядковых рудоносных таксонов через объективно наблюдаемые структурно-вещественные комплексы, выявляемые последовательным приближением вплоть до локального уровня прямых поисковых и оценочных признаков минерализации локального уровня.

Последующее совершенствование системы стадийности базировалось на логико-методологических основах и принципах принятия межстадийных решений, органической неразделимости геологической науки и практики. Система изучения недр трудами российских геологов, в значительной степени прямых учеников В.И. Смирнова, дополнилась внутростадийными решениями по выбору оптимальных поисково-прогнозных комплексов.

Создание стадийной и внутростадийной системы геологического изучения недр стало ответом отечественной геологической школы на объективную необходимость оптимизации вероятностного исхода геологоразведочных работ. Эта система является завершенным инструментарием, обеспечивающим оптимальное распределение ресурсов по стадийной последовательности шагов и внутри них.

На базе этой инвариантной системы стало возможным определить оптимальные пропорции работ через последовательные приближения, оценить надежные пропорции между компонентами минерально-сырьевой базы – прогнозными ресурсами, оцененными и разведанными запасами, оптимизировать принципы принятия внутростадийных и межстадийных решений через минимизацию возможных издержек, неизбежных при реализации любых вероятностных процессов.

Система изучения недр, созданная российской геологической школой и в значительной степени трудами В.И. Смирнова, обосновала неразрывную объективную зависимость между детальностью и комплексностью геологоразведочных работ и категоричностью ресурсов и запасов.

СИБИРСКИЕ ТРАППЫ, МЕЙМЕЧИТЫ И КИМБЕРЛИТЫ: СВЯЗЬ ГЕОДИНАМИКИ, МАГМАТИЗМА И РУДООБРАЗОВАНИЯ

Соболев А.В.

ГЕОХИ РАН, Москва, Россия, sobolev@geokhi.ru

На основе результатов петролого-геохимических исследований примитивных трапповых магм, меймечитов и кимберлитов, а также термомеханического моделирования взаимодействия мантийной струи с литосферой щита (Соболев и др., 2009 а,б) разработана геодинамическая модель образования Сибирской трапповой провинции. Предполагается, что мантийная струя пермо-триасового возраста с потенциальной температурой около 1650°C транспортировала существенное количество древней рециклированной океанической коры (до 15%) в виде карбонатсодержащего пересыщенного SiO₂ эклогита, низкие степени плавления которого на глубинах 250-300 км приводили к образованию карбонат-силикатных расплавов, метасоматизировавших корни Сибирской литосферы. Дальнейший подъем мантийной струи в областях утонения литосферы (Норильский район) привел к прогрессивному плавлению эклогита и образованию реакционного пироксенита, который затем плавился на глубинах 130-180 км. Большой объем образовавшихся магм (траппы гудчихинской свиты) внедрился в литосферу и привел к ее дестабилизации и обрушению. Погружающиеся блоки литосферы, содержащие фрагменты истощенного метасоматизированного перидотита, прогревались до высоких температур внутренних частей мантийной струи и плавилась с образованием меймечитового расплава. Предполагается, что первичные магмы Сибирских траппов, меймечиты, а также кимберлиты, имеют один и тот же источник несовместимых элементов, а именно карбонатсодержащую рециклированную океаническую кору, принесенную горячей мантийной струей.

Пироксенитовый компонент в источнике магм сибирских траппов, не содержащий сульфидов и оливина в рестите, сыграл решающую роль в происхождении высоких концентраций Ni, Cu, элементов платиновой группы и низких содержаний серы в родоначальных трапповых магмах, а также исключил возможность раннего рассеяния этих элементов посредством фракционирования сульфидного расплава. Это вероятно предопределило образование Норильских месторождений медно-никелевых сульфидных руд, обогащенных элементами платиновой группы за счет взаимодействия примитивных трапповых магм и коровых пород.

Предположено, что сочетание высокой температуры мантийной струи и значительной концентрации в ней рециклированной коры явилось главной причиной возникновения Сибирской трапповой провинции и связанного с ней промышленного платиново-медно-никелевого оруденения.

Литература

Соболев А.В., Кривошук Н.А., Кузьмин Д.В. Петрология родоначальных расплавов и мантийных источников магм сибирской трапповой провинции // Петрология, 2009а, т. 17, № 3, с. 276—310.

Соболев А.В., Соболев С.В., Кузьмин Д.В., Малич К.Н., Петрунин А.Г. Механизм образования Сибирских меймечитов и природа их связи с траппами и кимберлитами // Геология и геофизика, 2009б, т. 50, № 12, с. 1293-1333.

ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Сорохтин О.Г., Старостин В.И., Сорохтин Н.О.

Последовательное использование идей тектоники литосферных плит позволило понять многоступенчатый механизм обогащения земной коры рудными элементами. Так, 1-й этап обогащения земной коры этими элементами происходит в океанических рифтовых зонах Земли, благодаря дифференциации мантийного вещества и гидротермальной деятельности. 2-я ступень обогащения континентальной коры рудными элементами развивается в зонах поддвига океанических литосферных плит под островные дуги и активные окраины континентов (в зонах субдукции). Наконец, на 3-м этапе происходит обогащение уже самих месторождений полезных ископаемых, благодаря предварительным процессам разрушения коровых пород, последующего седиментогенеза и нового вовлечения этих осадков в процессы корообразования в зонах поддвига литосферных плит и коллизии континентов, т.е. за счет процессов рециклинга коровых пород.

Привлечение идей и геологических данных по глобальной эволюции Земли позволило выяснить важную роль процесса образования земного ядра, произошедшего в конце архея, на весь ход геологического развития Земли, на изменение химического состава мантии и на условия формирования эндогенных полезных ископаемых. В частности, этим событием определяется происхождение уникальных месторождений сидерофильных элементов раннего протерозоя (никеля, меди, хрома, кобальта и платиноидов).

Происхождение месторождений железа позднего архея и, особенно, раннего протерозоя прямо связано с эволюцией океанов. Именно в те эпохи поверхность Мирового океана перекрывала уровень стояния гребней срединно-океанических хребтов, тогда как в докембрийской мантии еще сохранялось свободное (металлическое) железо (оно исчезло из мантии только на рубеже протерозоя и фанерозоя, чем, кстати, и объясняется расцвет высокоорганизованной жизни в фанерозое). В результате океанические воды в конце архея и раннего протерозоя насыщались растворимой двухвалентной гидроокисью железа, а после его окисления на мелководьях до трехвалентного состояния, железо выпадало в осадок, формируя уникальные железорудные (джеспилитовые) месторождения докембрия.

Затягиванием на большие глубины под архейские щиты тяжелых железистых пелагических осадков раннепротерозойских океанов объясняется происхождение таких глубинных пород, как алмазоносные кимберлиты, лампроиты и щелочно-ультраосновные комплексы, в том числе и Хибинские апатитовые сиениты.

В происхождении экзогенных (стратиформных) месторождений золота, урана, меди и полиметаллических руд раннего протерозоя определяющую роль играли эволюция океанов и климаты Земли. В архее существовал горячий (с температурами порядка +80 +100 °С) и кислый океан (с pH ≈ 3÷5), в водах которого были растворены многие из рудных элементов. В раннем же протерозое произошла нейтрализация океанических вод (до pH ≈ 7÷8) и снижение температуры океана до +6 +8 °С. В результате произошло массовое выпадение в осадок рудных элементов, прежде растворенных в водах архейских океанов.

Литература

Лисицын А.П. Современные гидротермальные системы мирового океана. //

Смирновский сборник-2000. М.: ВИНТИ, 2000. С. 32–75.

Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. М.: Наука, 1990. 256 с.

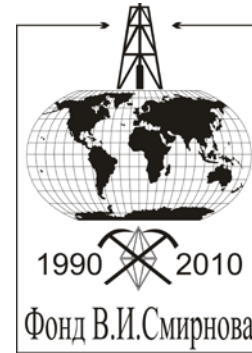
- Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999.–255 с.
- Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 1984. –495 с.
- Монин А.С., Сорохтин О.Г. Об объемной гравитационной дифференциации Земли. // Докл. АН СССР, 1981. Т. 259. № 5. С. 1076–1079.
- Пушаровский Ю.М., Миланхолина Е.Н. Тектоническое развитие Земли. М.: Наука, 1992.–263 с.
- Рундквист Д.В. Современные проблемы металлогении. // Докл. АН СССР. 1984. Т. № 5. С. 74–85.
- Сафронов В.С. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. М., Наука, 1969. –244 с.
- Семихатов М.А., Раабен М.Е., Сергеев В.Н., Вейс А.Ф., Артемова О.В. Биотические события и положительная изотопная аномалия карбонатного углерода 2.3–2.06 млрд. лет назад. // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1999, том 7, №5, с. 3–27.
- Сидоренко Св.А., Сидоренко А.В. Органическое вещество в осадочно-метаморфических породах докембрия. М.: Наука, 1975. 140 с.
- Сидоров А.А. Эволюционно-исторические аспекты рудообразования.// Вестн. РАН, 1992. № 8. С. 91–104.
- Смирнов В.И. Периодичность рудообразования в геологической истории. // Металлогения и рудные месторождения. М.: Наука, 1984. С. 3–10.
- Соколов Ю.М., Кратц К.О. Металлогенические импульсы эндогенной активизации земной коры в докембрии. //Металлогения раннего докембрия СССР. Л., Наука, 1984. С. 414.
- Сорохтин О.Г. Тектоника литосферных плит и происхождение алмазоносных кимберлитов. // Общая и региональная геология. М., ВИЭМС, 1985. 47 с.
- Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Глобальная эволюция Земли. М., Изд-во МГУ, 1991. 446 с.
- Старостин В.И. Основные геолого-металлогенические периоды в эволюции Земли. // Вестник МГУ, Сер. 4, Геология, 1996, № 4, с. 19–27.
- Старостин В.И., Пельмский Г.А., Сакия Д.Р. Железное оруденение в эволюции Земли. // Известия секции наук о Земле РАЕН, 2000, вып. 5, с. 4–24.
- Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., Госгеолтехиздат, 1963. 535 с.
- Хаин В.Е. Минерагенез в тектонической истории Земли. // Смирновский сборник-2000. М.: ВИНТИ, 2000. С. 23–31.
- Bachall J.N. et al. Standard solar models and the uncertainties in predicted capture rates of solar neutrinos. "Rev. Mod. Phys", 1982, v. 54, p. 767
- Hale C.J. Palaeomagnetic data suggest link the Archean–Proterozoic boundary and inner–core nucleation. Nature. 1987. Vol. 329, No 6236. P. 233–236..
- Melton C.E., Giardini A.A. The composition and significance of gas released from natural diamonds from Africa and Brazil. Amer. Mineral. 1974, v. 59, pp. 775–782.
- Melton C.E., Giardini A.A. Experimental results and a theoretical interpretation of gaseous inclusions found in Arkansas natural diamonds. Amer. Mineral. 1975, V. 60, pp. 413–417.
- Perry E.C., Jr., Ahmad S.N., Swulius T.M. The oxygen isotope composition of 3,800 m.y. old metamorphosed chert and iron formation from Isukasia, West Greenland. J. Geol. 1978. V. 86, pp. 223–239.
- Perry E.C. Jr., Tan F.C. Significance of oxygen and carbon isotope variations in early Precambrian cherts and carbonate rocks of South Africa. Geol. Society of America Bulletin. 1972. Vol. 83, pp. 647–664.
- Sagan L. On the origin of mitosing cells. // J. Theoret. Biol., 1967. V. 14, pp. 225–274.

Авторский указатель

- Абдрахманов К.А., 117, 119
Авдонин В.В., 121
Азарнова Л.А., 181
Акимов Г.Ю., 182
Аксюк А.М., 183
Александров М., 28
Алексеев А.С., 69
Алексеев В.И., 122
Алексеев В.Ю., 131
Алтухова З.А., 102
Альбеков А.Ю., 65
Анашкин С.М., 74
Андреев А.П., 102
Андреева Е.Д., 15
Антонов В.А., 123
Анфилогов В.Н., 219
Арский Ю.М., 125
Архипова Н.А., 172
Асавин А.М., 185
Афанасьев В.П., 70
Бабушкина С.А., 102
Багдасаров Ю.А., 72
Балашов Ю.А., 187
Балицкая О.В., 206
Балицкий В.С., 188
Балицкий С.Д., 188
Барышев А.Н., 241
Бекренев К.А., 102
Беляев Е.В., 123
Бескин С.М., 150
Бобров А.В., 73
Бовкун А.В., 74
Богатиков О.А., 76, 227
Богуш И.А., 126
Божко Е.Н., 112
Бойко Н.И., 126
Бойцов В.Е., 17
Бородкин Н.А., 19, 127
Бортников Н.С., 23, 189, 200, 242
Брусницын А.И., 129
Бугельский Ю.Ю., 235
Бурлин Ю.К., 192
Бурцев А.А., 220, 221
Ваганов И. Н., 170
Ватанабе К., 47
Величкин В.И., 252
Веремеева Л.И., 130
Викентьев И.В., 24
Вишневский А.В., 66
Владыкин Н.В., 77, 79
Воинков Д.М., 29
Войтеховский Ю.Л., 25
Волков А.В., 131, 214, 131, 214
Волченко Ю.А., 33
Воронин Б.И., 215
Гаранин В.К., 74, 81, 82, 84, 89, 112
Гаранин К.В., 82, 84, 112
Гибшер Н.А., 46
Гитис В.Г., 125
Голева Р.В., 132
Головин А.А., 133
Гонгальский Б.И., 134
Гонжуров Н.А., 161
Горев Н.И., 97
Горошко М.В., 136
Горяева В.С., 156
Горяинов П.М., 222, 223, 224, 225, 226, 244
Горячев Н.А., 26, 214
Григоров С.А., 190
Гурьянов В.А., 135
Гусев Г.С., 133
Гущина Л.В., 46
Дергачев А.Л., 27
Джангиров М.Ю., 220, 221
Диденко А.Н., 136
Добровольская М.Г., 28
Донец А.И., 202
Донской С. Е., 246
Донцов В.В., 192
Доржнамжаа Д., 29
Дымшиц А.М., 73
Дьяконов Д.Б., 84
Емкужев А.С., 123
Ерёмин Н.И., 248
Есипенко А.Г., 137, 139
Жданов А.В., 17
Жегалло Е.А., 235
Задорожный Д.Н., 31
Зайцев А.И., 102
Зайцев В.А., 63
Зарайский Г.П., 212
Зедгенизов Д.А., 108
Зейлик Б.С., 141
Зинчук Н.Н., 85, 97
Злобина Т.М., 193

Знаменский С.Е., 32
Зорина Л.Д., 200
Зотов И.А., 24
Иванов К.С., 33
Иванов Н.Н., 142
Иванюк Г.Ю., 222, 223, 224, 225, 226,
229, 237, 238
Игнатов П.А., 87
Имамендинов Б.Н., 35
Иоспа А.В., 182
Ишевская Э.Г., 143
Казанский В.И., 145
Кайгородова Е.Н., 146
Калашников А.О., 226
Калиш Е.А., 172
Калмыкова Г.З., 146
Канакин С.В., 51
Каргин А.В., 76
Карпенко М.А., 105
Кигай И.Н., 195
Килипко В.А., 133
Ким А.У., 47
Ковалев А.А., 249
Ковалев С.Г., 36
Коваленко В.И., 227
Когарко Л.Н., 88
Козлов Н.Е., 148, 164
Козлова Н.Е., 148
Козловский Е.А., 250
Колотилина Т.Б., 66
Комин М.Ф., 172
Кондратов Л.С., 149
Кононова В.А., 76
Коноплева Н.Г., 225
Копчиков М.Б., 89
Коренюк М.К., 40
Корольков А.Т., 60
Коротеев В.А., 33
Корчак Ю.А., 33
Костровицкий С.И., 90
Кременецкий А.А., 150
Кривовичев С.В., 230, 237
Криволицкая Н.А., 37
Кривцов А.И., 251
Криночкин Л.А., 133
Кругляков В.В., 151
Кулагина Л.А., 39
Кулешов В.Н., 152
Лаверов Н.П., 252
Ларин В.Н., 254
Лебедев В.В., 40
Легонькин В.С., 156
Лей Я., 41
Литвин Ю.А., 73, 92
Литвиненко И.С., 44
Лихачев А.П., 197, 231
Ло Жаохуа, 24
Лобанов К.В., 145
Лось В.Л., 154, 156
Лу Синсян, 24
Лукин А.Е., 192
Лунев П.И., 161
Лыгина Т.И., 151
Лючкин В.А., 170
Манаков А.В., 97
Маракушев А.А., 24
Мартынов Е.В., 148
Матсуеда Х., 15, 47
Мелентьев Г.Б., 56
Мельников М.Е., 158
Меньшиков Ю.П., 229
Мехоношин А.С., 66
Милетенко Н. В., 246
Миловский Г.А., 40
Митрофанов Ф.П., 257
Мишнин В.М., 102
Морозов А.Ф., 150
Морозова С.Г., 139
Наумова И.С., 181
Новиков В.М., 235
Носова А.А., 76
Оболенский А.А., 46
Оганесян Л.В., 258
Ожогина Е.Г., 159
Округин В.М., 15, 47, 49
Олейников О.Б., 94, 102
Оно Ш., 15, 47
Орсоев Д.А., 51
Осадчий Е.Г., 198
Павлов А.Г., 233
Павлушин А.Д., 94
Пахомовский Я.А., 225, 229, 238
Пересторонин А.Н., 135
Петухова Л.Л., 135
Печенкин И.Г., 160
Пивоваров А.П., 170
Пилипенко Г.Н., 17
Погорельский А.И., 161
Подлипский М.Ю., 66
Полетаев В.А., 49
Полуфунтикова Л.И., 52, 102
Пономарева И.Н., 175
Попов А.В., 94
Похиленко Н.П., 95

Приставко В.А., 139
Приходько В.С., 135
Прокофьев В.Ю., 23, 189, 200, 214
Пузанков И.М., 47
Пушаровский Д.Ю., 188
Рагозин А.Л., 108
Реймерс А.Н., 69
Ровнушкин М.Ю., 53
Рогожин А.А., 159
Розен О.М., 97
Ройземан Ф.М., 201
Ротман А.Я., 98
Рудаков В.В., 40
Ручкин Г.В., 202
Рыборак М.В., 65
Рябинкин С.В.Ю 234
Саблуков С.М., 105
Савва Н.Е., 203
Савельев Д.Е., 205
Савельева Е.Н., 205
Савко А.Д., 85
Сайдашева Ф.Ф., 59
Сакия Д.Р., 54, 166
Самонов А.Е., 56
Самохвалова О.В., 156
Сафонов Ю.Г., 58, 252
Седышева Т.Е., 158
Сейтмуратова Э.Ю., 59
Семинский Ж.В., 60
Сенин В.Г., 63
Серафимовский Т., 28
Сергеева Н.Е., 121
Серкебаева Е.С., 46
Сидоров А.А., 131
Симкин Г.С., 61
Скублов С.Г., 187
Слукин А.Д., 100, 235
Смелов А.П., 102
Смолькин В.Ф., 162
Сначёв А.В., 62
Сначев В.И., 205
Соболев А.В., 37, 261
Соколов С.В., 177
Солдатов А.И., 135
Соловьев Е.Э., 163
Сорокина Е.С., 206
Сорохтин Н.О., 148, 164, 261
Сорохтин О.Г., 261
Сорохтина Н.В., 63
Специус З.В., 103
Станковский Р., 28
Старостин В.И., 54, 166, 261
Стегницкий Ю.Б., 105
Сурнин А.А., 102
Такахаша Р., 15, 47
Темнов А.В., 181
Ткачев А.В., 169, 208
Толстых Н.Д., 66
Томиленко А.А., 46
Третьяченко В.В., 82
Трофимов А.П., 170
Усова Т.Ю., 172
Фарбер М.Р., 173
Ферштатер Г.Б., 150
Филиппов Д.В., 40
Фридовский В.Ю., 52, 64, 163
Фунтиков Б.В., 170
Харахинов В.В., 209
Хачай Ю.В., 219
Хулапова Т.М., 158
Чевычелов В.Ю., 212
Черкашин В.И., 126
Чернова А.Д., 214
Чернышов Н.М., 65
Чернявский А.В., 25
Чистякова Н.И., 181
Шайбакова Л.А., 40
Шаповалов Ю.Б., 188
Шацкий В.С., 107, 108
Шевченко Б.Ф., 136
Шевырев Л.Т., 85
Шелков П.Н., 110
Шишканова К.О., 47
Школьник Э.Л., 235
Шленкин С.И., 209
Шмаков И.И., 112
Шогин А.Н., 125
Щербакова М.Н., 174
Юбко В.М., 151, 158, 175
Юркова Р.М., 215
Юрченко Ю.Ю., 177
Яковенчук В.Н., 225, 230, 237, 238
Япаскурт О.В., 166
Ярмолук В.В., 227
Ярошевский А.А., 216



Научное издание

Материалы XXI Международной научной конференции «Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении».
Конференция посвящена 100-летию академика В.И. Смирнова. Москва, 2010. 266стр.

Компьютерная верстка и оформление: Ермаков Р.Ю., Ермакова Н.Н.