

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ им. Н.М. ФЕДОРОВСКОГО (ФГБУ «ВИМС»)**

РОССИЙСКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО (РосГео)

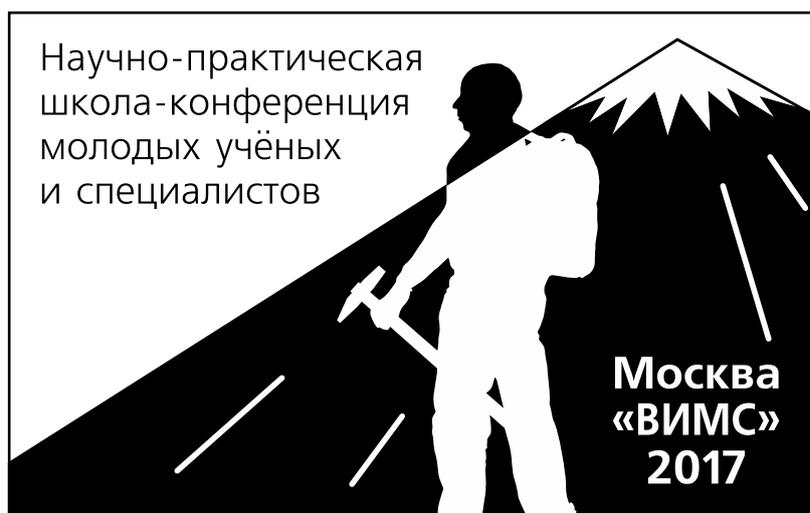
АССОЦИАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ (АГО)

**НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «РУДНАЯ ГЕОЛОГИЯ,
МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ» (НОЦ)**

**СЕДЬМАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ
с международным участием**

**«Геология, поиски и комплексная оценка
месторождений твердых полезных ископаемых»**

Тезисы докладов



**Москва
16–17 мая 2017**

Г36 Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых. Тезисы докладов седьмой научно-практической школы-конференции молодых ученых и специалистов с международным участием. М.: ВИМС, 2017, 149 с.

В сборнике представлены тезисы докладов участников седьмой научно-практической школы-конференции молодых ученых и специалистов с международным участием «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых», проходившей во Всероссийском научно-исследовательском институте минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ФГБУ «ВИМС») 16-17 мая 2017 г. Темы конференции, по которым опубликованы доклады:

- Геология, прогнозирование, поиски и разведка месторождений ТПИ
- Минералогические и лабораторно-аналитические исследования
- Технологии переработки минерального сырья
- Геолого-экономическая оценка месторождений
- Геоэкология и инженерная геология
- Экономические аспекты освоения сырьевых баз ТПИ
- Геоинформационные технологии

Цель конференции – повышение профессионального уровня молодых ученых и специалистов в области комплексного изучения недр. Знакомство студентов, аспирантов, молодых специалистов ВУЗов, научных учреждений и производственных организаций с новыми научными достижениями в различных областях, связанных с рудным и нерудным минеральным сырьем, – геологии, минералогии, технологии, аналитики, геоэкологии, инженерной геологии, геоинформационной технологии, экономической оценки месторождений и освоения сырьевых баз ТПИ, а также представление коллегам результатов своих исследований.

Материалы научно-практической школы-конференции ориентированы на молодых ученых соответствующих специальностей*.

Редакционно-издательский сектор (РИС) ВИМС.
119017, Москва, Старомонетный пер., д. 31. Тел. (495) 9503570
Компьютерная верстка Е.О. Козлова, А.В. Барышников.
Отпечатано на ризографе в РИС ВИМС.

Подписано в печать 28.04.2017 г.
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 10,0
Тираж 150 экз. Заказ № 12.

© РИС «ВИМС», 2017 г.

* Тезисы докладов публикуются в авторской редакции.

Организации – участники конференции:

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт минерального
сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»), г. Москва*

*Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский
геологоразведочный институт угольных месторождений»
(АО «ВНИГРИуголь»), г. Ростов-на-Дону*

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии
минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН),
г. Москва*

*Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный
научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных
ископаемых» (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»), г. Казань*

*Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный
научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и
благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ), г. Москва*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт Дальневосточного
отделения Российской академии наук (ДВГИ ДВО РАН),
г. Владивосток*

*Акционерное общество «Северо-западное производственно-
геологическое объединение» (АО «Северо-Западное ПГО»),
г. Санкт-Петербург*

*Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный исследовательский
Томский государственный университет» (НИ ТГУ), г. Томск*

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

*Общество с ограниченной ответственностью «Коралайна
Инжиниринг» (ООО «Коралайна Инжиниринг»), г. Москва*

*Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь*

*Товарищество с ограниченной ответственностью «Майкубен-
Вест» (ТОО «Майкубен-Вест»), г. Экибастуз,
Республика Казахстан*

Акционерное общество «Центральное производственно-геологическое объединение» (АО «Центральное ПГО»), г. Москва

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (МГУ им. М.В. Ломоносова), г. Москва

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева), г. Москва

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ), г. Москва

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
Акимова А.В.	ВНУТРЕННИЙ РЫНОК МЕДИ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕДЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ	11
Антипова А.П., Миронова Е.В., Писоцкая Л.И.	СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СРЕДЕ ARCGIS ПО УЧАСТКАМ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УГОЛЬ	14
Белявцева Е.А.	КОМБИНИРОВАНИЕ РАЗНОФОРМАТНЫХ ДАННЫХ В ЕДИНЫЙ ГИС-ПРОЕКТ	16
Василишина В.В., Чесноков Л.В.	ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ТАРБАЛЬДЖЕЙСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДАУРСКОГО ПОТЕНЦИАЛЬНО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ	18
Васильев В.В., Игнатьева Н.А.	НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ МАРОЧНОГО СОСТАВА УГЛЕЙ В АЛДАНО-ЧУЛЬМАНСКОМ УГЛЕНОСНОМ РАЙОНЕ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО БАССЕЙНА	20
Волков Е.С.	ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА	24
Выдрич Д.Е., Сучков А.В.	ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ШТОКВЕРКОВЫХ МОЛИБДЕНОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА	27
Гимадиев Э.Р., Гордеев А.С., Твердов И.Д., Халитова А.Н.	МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ГРАФИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ТАМГИНСКОГО УЗЛА ПРИМОРСКОГО КРАЯ	30
Гордеев И.В., Марков А.Г.	ВЛИЯНИЕ УГЛЕПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ	32
Гришаев Г.С., Зайков В.И.	ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАЛООБЪЕМНЫХ КАРТИРОВОЧНЫХ ПРОБ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ОТБойНОЕ	35
Додриков Ю.А.	ОБЪЕМНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА СТОЛБОВОЕ	37
Зайков В.И., Гришаев Г.С.	ИЗУЧЕНИЕ ОБОГАТИМОСТИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД ЧУКТУКОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	39

Захаров И.О., Котельников Е.Е., Конкин В.Д., Васюков В.Е.	НОВЫЕ ДАННЫЕ, СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИЕ О ПЕРСПЕКТИВЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БОДАЙБИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)	41
Иванова М.В., Броницкая Е.С., Соколов С.В.	МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ ТОНКОВКРАПЛЕННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВЫХ РУД	43
Кайгородова Е.Н.	СУРЬМЯНО-РУТУНО-РЕАЛЬГАРОВЫЙ ПОЯС ЗОНЫ ГЛАВНОГО ХРЕБТА (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)	45
Кайлачаков П.Э.	ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД БРИКЕТНО-ЖЕЛТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕНИЯ	48
Ковалевская С.Д., Зарубина Н.В.	ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД МЕТОДАМИ ПЛАЗМЕННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ	49
Коваль А.В.	ОСОБЕННОСТИ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ОЗЕРНОЕ И ЛАГЕРНОЕ КУОЛАЯРВИНСКОЙ СТРУКТУРЫ (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)	52
Ковригина С.В., Петров В.А., Платэ А.Н.	ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ)	55
Коноплев В.А., Петров А.В., Гребенкин Н.А.	ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ СО СКРЫТЫМИ ЭНДОГЕННЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ УРАНА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-САЯНСКОГО РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПРОЯВЛЕННОСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ГЛУБИННОГО ПРОГНОЗА КРУПНЫХ УРАНОВОРУДНЫХ РАЙОНОВ И УЗЛОВ	58
Кренида О.А.	НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЙ ЮЖНО- МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ТАШТЫПСКАЯ ПЛОЩАДЬ)	60
Кряжев В.С.	МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ КУРТУШИБИНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНЫХ САЯН	63
Лебедев А.Н., Быстров И.Г.	ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕТОДОВ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТОНКОДИСПЕРСНЫХ РУД	65

Леонтьев В.И.	ЗОЛОТО-ТЕЛЛУРИДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛДАНА (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)	67
Манджиева Г.В., Садасюк А.С., Чугаев А.В., Голубев В.Н., Чернышев И.В.	МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВАРИАЦИЙ ИЗОТОПНОГО ОТНОШЕНИЯ ²³⁸ U/ ²³⁵ U	70
Мансуров Р.Х.	ПРОГНОЗ И ПОИСКИ КРУПНООБЪЕМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УГЛЕРОДИСТО-КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ ОБРАМПЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	72
Марков А.Г.	ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТАЙМЫРСКОГО БАСЕЙНА	75
Маров А.А., Шефзов Д.В., Кошелченков Л.В.	ПОДГОТОВКА ПИТАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ СТОЛОВ МЕТОДОМ ГИДРОКЛАССИФИКАЦИИ	77
Машнин Д.М., Назарова О.Б., Яхнева Д.А.	СПЕЦИФИКА СПЕКТРОРАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕРАВНОВЕСНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ РУД И ОТХОДОВ	80
Мележ Т.А.	ЛАБОРАТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЙМЕННОЙ ФАЦИИ РЕКИ СОЖ (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)	83
Минаев В.А., Петров В.А., Полуэктов В.В.	ОЦЕНКА ПУТЕЙ И ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ РУДОНОСНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДАМИ СТРУКТУРНОЙ ПЕТРОФИЗИКИ	85
Миронова Е.В., Антипова А.П.	ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В СРЕДЕ ARCGIS НА ПРИМЕРЕ БУНГУРО-ЛИСТВЯНСКОГО УЧАСТКА №4 КУЗБАССА	88
Нафигин И.О., Устинов С.А., Петров В.А.	ТРЕХМЕРНОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВУЛКАНОГЕННО- ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА СРЕЛЬЦОВСКОЙ КАЛЬДЕРЫ (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	90
Некрасова М.А., Жукова В.Е.	МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИХ ОБОГАТИМОСТЬ	93

Несмеянов Л.О., Гребенкин Н.А.	ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ НИЧАТСКОГО ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РУДНОГО УЗЛА	95
Новикова Ю.С., Смелов В.Г., Мартилов М.В., Белянцева Е.А.	СОЗДАНИЕ МУЛЬТИМАСШТАБНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ	98
Переухина А.М.	ПРОДУКТЫ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НАТРИЙ- АЛЮМОФОСФАТНОЙ СТЕКЛОМАТРИЦЫ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	100
Пермякова Н.А., Сычева Н.А.	ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВАРИАЦИЙ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПИРОХЛОР- МОНАЦИТ-ГЕТИТОВЫХ РУД ЧУКТУКОНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ПРИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ МАЛЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ	102
Полунина И.Е.	ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ТИПА «НЕСОГЛАСИЯ» В ПРЕДЕЛАХ ВОРОГОВСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)	104
Прохоров Д.А., Дзядок С.А. -2., Петрин А.В.	ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ В ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ	106
Прохоров Д.А., Тарханова Г.А.	ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ОРУДЕНЕНИЯ КУЛАРИКТИНСКОГО УЧАСТКА ВИТИМСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА	108
Прудников И.А., Зублюк Е.В., Чупаленков Н.М., Тюрин А.Б., Красивых Е.В.	УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ТОНОДСКОГО ПОДНЯТИЯ (ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)	110
Рассолов А.А.	К ВОПРОСУ О ВОЗРАСТЕ ОРУДЕНЕНИЯ НОРАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	111
Рекун М.Л.	Eh-pH РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОРОДА РУДОВМЕЩАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ ПАЛЕОДОЛИННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ЗАБАЙКАЛЬЯ И ЮЖНОГО УРАЛА	113
Ржевская А.К.	НАЗЕМНЫЕ И СКВАЖИННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОИСКАХ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	116

Сидорина Ю.Н., Балыкова И.В.	МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА И НАХОДКА, ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА: ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ НАЛИЧИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ	117
Сидорова М.А., Мохов А.В.	ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ УРАНА В ХВОСТАХ ПЕРЕДЕЛА РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА	120
Сучков А.В., Выдрич Д.Е.	МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ МОЛИБДЕНОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)	122
Токарь О.В.	ОСНОВНЫЕ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦИНКА	125
Устинов С.А., Петров В.А., Полуэктов В.В.	ОЦЕНКА ПУТЕЙ И ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ РУДОНОСНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ МИКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА	127
Фатов А.С., Астахова Ю.М.	МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РУД ТОМТОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ	130
Цымбалист С.И., Рябкин В.К.	ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КРУПНОПОРЦИОННОЙ СОРТИРОВКИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РУД В ТРАНСПОРТНЫХ ЕМКОСТЯХ НА РУДОКОНТРОЛИРУЮЩЕЙ СТАНЦИИ (РКС) ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ СКВАЖИН	131
Чеботарева О.С., Пикалова В.С.	ТОВАРНАЯ ПРОДУКЦИЯ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ РОССИИ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ	134
Чепрасов И.В.	ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХРОМОВЫХ РУД В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ	137
Чернова А.Д.	НЕСТАБИЛЬНОСТЬ НИКЕЛЕВОГО РЫНКА И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ПОЛИТИКИ ОТДЕЛЬНЫХ СТРАН-ПРОДУЦЕНТОВ	140
Шарафелдин Х.Э.	ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРО- ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АРАВИЙСКО-НУБИЙСКОГО ЩИТА	142
Шарафудинова Э.Р.	ВЫДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА УГЛЕЙ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА ШОПТЫКОЛЬСКОГО	145

**МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ
НАХОЖДЕНИЯ НА НЕМ УГЛЕЙ
ДЛИННОПЛАМЕННОГО ТИПА**

<i>Петкевич-Сочнов Д.Г., Троицкий А.В.</i>	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛИБДЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ НОВОГО СЫРЬЕВОГО ОБЪЕКТА (РУДНОЕ ПОЛЕ БАДИС)	146
<i>Троицкий А.В., Петкевич-Сочнов Д.Г.</i>	ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ ФЛЮОРИТ- БЕРИЛЛИЕВЫХ РУД НА ПРИМЕРЕ РУДНОГО ПОЛЯ СНЕЖНОЕ	148

ВНУТРЕННИЙ РЫНОК МЕДИ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕДЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

А.В. Акимова

ФГБУ «ВИМС», Москва

Российская Федерация входит в десятку крупнейших мировых продуцентов меди, однако ее доля в общем объеме производства невелика около 4 %. Практически весь объем добычи медных и медьсодержащих руд, а также их переработки и металлургического передела обеспечивают три крупные вертикально-интегрированные холдинговые компании: ПАО «ГМК «Норильский никель»» (Норникель), ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (УГМК) и ЗАО «Русская медная компания» (РМК). В 2015 г. в России добыто 879,5 тыс. т меди, извлечено в концентраты около 710 тыс. т металла, в том числе, в собственно медный концентрат 626 тыс. т. Объем производства рафинированной меди в стране оценивается в 874 тыс. т; часть металла получают из вторичного сырья.

Основу сырьевой базы компании Норникель, обеспечивающей половину добычи отечественной меди, составляют сульфидные медно-никелевые месторождения Норильского рудного района в Красноярском крае Октябрьское, Талнахское и Норильск 1. Также компания разрабатывает месторождения Печенгской группы в Мурманской области аналогичного геолого-промышленного типа. Добываемые руды перерабатываются на обогатительных фабриках компании с получением коллективного и медного концентратов, причем медный концентрат норильских фабрик является самым высококачественным в стране (26,16 % Cu). Далее концентраты поступают в плавку и на рафинировочные заводы компании, где производится катодная медь марки NORILSK/ M00к. Медь марки NORILSK зарегистрирована на Лондонской бирже металлов. Объем производства катодной меди рафинировочными предприятиями компании Норникель в 2015 г. составил 355,7 тыс. т. Основное количество товарной меди поставляется на экспорт; в 2015 г. на рынке России и стран СНГ реализовано меди на 197 тыс. долл. [2], что составило 10 % суммарной выручки компании, полученной за счет продаж меди. Главное экспортное направление компании Европа (75 %); продажи осуществляются также в Азию (13 %) и Северную Америку (1 %).

Дочерние предприятия УГМК, базирующиеся, в основном, на медноколчеданных месторождениях Южного и Среднего Урала, а также Алтая и Северного Кавказа, суммарно обеспечивают немногим более трети добычи меди страны. Главным активом компании является Гайское месторождение в Оренбургской области. Во владения холдинга УГМК входят 11 обогатительных фабрик,

концентраты с которых поступают на медеплавильные заводы, также расположенные на Урале. Полученная черновая медь и часть концентратов направляется на головное предприятие компании АО «Уралэлектромедь» в Свердловской области, осуществляющее весь производственный цикл: от получения черновой меди до выпуска медной продукции (катанки, порошков, сплавов и медного купороса). Предприятие производит катодную медь марок М1к, М0к и М00к, в качестве исходного сырья помимо черновой меди используя медный лом. Медные катоды АО «Уралэлектромедь» зарегистрированы на Лондонской бирже металлов под брендами *UMMS* и *UMMS II*. Часть медных катодов является товарной продукцией, остальная часть направляется в дальнейшую переработку. В 2015 г. на АО «Уралэлектромедь» произведено 382,2 тыс. т рафинированной меди [1]. Предприятие поставляет свою продукцию покупателям в 50 субъектах Российской Федерации, а также на экспорт; экспортная доля составляет около 40 % (37,7 % в 2015 г.) общего объема реализации компании [1].

Деятельность компании РМК также в основном сосредоточена в Уральском регионе. В 2015 г. предприятия холдинга обеспечили 11% российской добычи меди, большей частью на Михеевском медно-порфириновом месторождении в Челябинской области. РМК принадлежат три обогатительные фабрики, концентрат с которых частично экспортируется (в Сербию, Китай, Болгарию, Казахстан), остальное поставляется на медеплавильный завод компании «Карабашмедь» в Челябинской области, где он переплавляется в черновую медь, которая поступает на рафинировочные мощности ЗАО «Кыштымский медеэлектролитный завод», где производится катодная медь марки М00к, а также медная катанка. Мощность завода по производству медных катодов составляет 120 тыс. т/г., медной катанки 100 тыс. т/г. Катодная медь производится еще на двух предприятиях холдинга: ЗАО «Новгородский металлургический завод» в г. Великий Новгород, полностью работающий на вторичном сырье, и ОАО «Уралгидромедь» в Свердловской области единственным в России предприятием, применяющим для добычи меди метод подземного выщелачивания с последующим гидрометаллургическим производством катодной меди на Гумешевском месторождении. В 2015 г. предприятия РМК произвели 136,4 тыс. т рафинированной меди в катодах (оценка по [1]). Медные катоды поставляются компанией на экспорт в страны Ближнего Востока, Китай, Европу и в другие страны.

Таким образом, значительную часть внутреннего спроса на медь обеспечивает холдинг УГМК, в то время как компании Норникель и РМК в основном ориентированы на экспорт своей продукции.

На экспорт поставляется значительная часть выпускаемой в стране рафинированной меди. В 2015 г. объем экспорта увеличился почти вдвое по сравнению с предыдущим годом до 563 тыс. т. Это

связано с отменой летом 2014 г. 10 %-ой пошлины на экспорт медных катодов. Основным направлением экспорта в 2015 г. традиционно оставалась Европа Нидерланды и Германия; продажи также осуществлялись в Турцию, Китай и прочие страны.

На фоне увеличения экспортной составляющей, видимое внутреннее потребление рафинированной меди в России сократилось вдвое до 312 тыс. т.

В десятилетней перспективе в России ожидается ввод в эксплуатацию нескольких объектов, крупнейшими из которых является Удоканское месторождение медистых песчаников в Забайкальском крае, медно-порфиновые месторождения Ак-Сугское (Республика Тыва), Томинское (Челябинская область), Песчанка (Чукотский АО) и Малмыжское (Хабаровский край), а также медно-железородно-скарновое Быстринское в Забайкалье. В случае своевременного вовлечения в отработку этих объектов, добыча меди в стране к 2025 г. может удвоиться и составить 6 % от мировой. При этом Россия может занять пятое место в мире среди крупнейших стран-производителей меди после Чили, Перу, США и Китая. В связи с этим структура медной промышленности может измениться, поскольку на внутреннем рынке страны могут появиться новые игроки, в частности ООО «Байкальская горная компания» (принадлежит холдингу Алишера Усманова *USM Holdings Ltd*), являющаяся недропользователем Удоканского месторождения и ООО «ГДК «Баимская»» (входит в *Millhouse Capital*, подконтрольную Романа Абрамовича), которой принадлежит месторождение Песчанка. При этом известно, что *Millhouse* рассматривает возможность участия в реализации проекта освоения Песчанки компании ПАО «ГМК «Норильский никель»», а *USM Holdings* ведет переговоры о совместной разработке Удоканского месторождения с компанией ЗАО «РМК». Наибольший вклад в ожидаемое увеличение объема российской добычи меди внесет именно Удоканское месторождение: полная годовая мощность проектируемого на его базе предприятия составит 36 млн т руды. Продукция будущего Удоканского ГМК – высококачественный медный концентрат (45,45 % Cu) и катодная медь класса «А» (99,99 % Cu) будет поставляться на экспорт в Китай, Японию и Южную Корею. Таким образом, объемы и структура российского экспорта рафинированной меди в среднесрочной перспективе также могут измениться с переориентацией на азиатские страны, главным образом Китай. Внутреннее потребление металла в стране при этом, вероятнее всего, расти не будет.

Литература

1. АО «Уралэлектромедь». Годовой отчет за 2015 год. 30.06.2016. Прямая ссылка: <http://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=2003&type=2>
2. ПАО «ГМК «Норильский никель». Финансовая отчетность МСФО. Консолидированная финансовая отчетность за год, закончившийся 31 декабря 2015 года. 2016, март. Прямая ссылка: <http://www.nornik.ru/assets/files/NN-IFRS-Consolidated-FS-2015-Rus-USD.pdf>.

СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СРЕДЕ ARCGIS ПО УЧАСТКАМ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УГОЛЬ

А.П. Антипова, Е.В. Миронова, Л.И. Писоцкая

АО «ВНИГРИуголь», Ростов-на-Дону

Создание эффективно действующего ГИС-проекта невозможно без организованной структуры хранения информации. В институте ВНИГРИуголь разработан и широко внедряется единый стандарт организации информации в рамках геоинформационных картографических проектов.

По участкам поисковых работ отработана технология хранения картографической информации. В данной статье рассмотрим систему хранения картографической информации на примере участка поисковых работ 2014-2016 гг. – Ундытканской площади.

Ундытканская площадь расположена на востоке центральной части Токинского угленосного района Южно-Якутского бассейна в междуречье нижнего течения р.Ундытын на западе и среднего течения р.Укикит на востоке, охватывая на севере верховья р.р. Кочорак, Карпа и Тала. В границах площади изучены угленосные отложения нерюнгриканской, беркакитской, кабактинской и верхней части дурайской свит.

Вся информация по участку поисковых работ собирается в один каталог (папку).

В ГИС ArvView 3.2 информация организована на физическом уровне в виде иерархической системы папок и файлов и содержит:

- папку картографической информации управляющего ГИС-проекта THEMES;
- файл управляющего ГИС-проекта Undytkan.apr;
- файл описания управляющего ГИС-проекта (Project.txt);
- ГИС-проекты с принятыми колонками, данными бурения и каротажа по скважинам – Karotas_20skv – Karotas_35skv.apr.

В состав папки «THEMES» входят папки, содержащие основные файлы ГИС-проекта и объединяющие информацию по типам данных: «ТОРО» – включает в себя элементы топоосновы; «LAYERS» – тематические слои (геологическая основа, ресурсы); «DIC» – текстовые данные, «PICTURE» -графические скан-документы; «TABLES» – данные в таблицах и реестр слоев папки THEMES текстовый документ Content.txt.

В среде GIS ArcView 3.2 определено представление информации в виде картографических слоев (shp-файлов), которые объединяются в группы (Виды – View). Совокупность Видов составляет содержание ГИС-проекта.

Созданная структура организации данных в среде ArcView позволяет систематизировать графические материалы по участку

работ, легко добавлять новые данные и работать с ГИС-проектами – копировать, добавлять и удалять слои. С помощью данной структуры обеспечивается целостность информации по участку работ.

В среде ArcGis 9.3.1 пространственные данные хранятся в виде отдельных тематических слоёв (классов пространственных объектов) в базе геонформационных данных формата gdb.

Тематические слои в базе геонформационных данных объединены в наборы классов пространственных объектов по видам информации и пространственно-временным критериям. В наборе данных все классы объектов имеют общую пространственную привязку. В базу геоданных Ундыткан.gdb входят различные наборы классов пространственных объектов, такие как: «геология14», «геология15», «План Б5 2016», «схема пром Токинского р-на», «топо» и другие.

Набор классов пространственных объектов «План Б5 2016» включает в себя классы пространственных объектов непосредственно относящиеся к изученности угольного пласта Б5, такие как выход угольного пласта, пластопересечения скважин, площади оценочных блоков и другую информацию.

Цифровые карты в среде ArcGis 9.3 собраны в документе карты формата .mxd. Картографические слои объединены во фреймы данных. Тематические слои хранятся в определенном наборе классов пространственных объектов и могут быть представлены в нескольких фреймах. Например, слой «реки» хранится в наборы классов пространственных объектов «топо» и представлен в трех фреймах геологических карт Ундытканской площади Токинского района по итогам работ 2014 г, 2015 г. и итоговой карты 2016 г.

Информация, хранящаяся в базе геоданных, занимает значительно меньший объём, чем аналогичная информация в отдельных shp-файлах. С помощью программы ArcCatalog возможно быстро перенести наборы и отдельные классы пространственных объектов из разных баз в одну.

Таким образом, база геоданных является наиболее удобным форматом хранения данных ArcGIS, который позволяет выполнять следующие операции:

- оперативное добавление новых данных,
- автономная работа с отдельными ГИС-проектами,
- использование набора классов объектов несколько раз для создания различных ГИС-проектов.

КОМБИНИРОВАНИЕ РАЗНОФОРМАТНЫХ ДАННЫХ В ЕДИНЫЙ ГИС-ПРОЕКТ

Е.А. Белявцева

ФГБУ «ВИМС», Москва

Рынок геоинформационных систем с каждым месяцем становится все более обширным, захватывая разнообразные сферы человеческой деятельности. Геоинформатика – междисциплинарная наука, обладающая мощным и точным инструментарием, позволяющим принимать быстрые и эффективные решения практически во всех отраслях экономики и национальной безопасности. Квалифицированное использование ГИС-систем позволяет контролировать природные ресурсы, и решать множество проблем, связанных с землепользованием.

В мировом сообществе возрастает с каждым годом авторитет компании ESRI. Постоянно выпускаются новые версии. К настоящему моменту компания ESRI является и, возможно, еще какое-то время будет мировым лидером и законодателем стандартов и форматов. Но с повышением квалификации пользователей стали появляться и вполне обоснованные претензии к продукции фирмы. В основном это относится к совместимости выпущенных в различное время модулей, а также к программной архитектуре. Выпускаемые ESRI дополнения не всегда успешно решают возникающие проблемы

Кроме того, многие корпоративные пользователи геоинформационных систем не чувствуют экономически обоснованной необходимости покупать новейшее ПО, а также обновлять под него компьютерный парк и периферию. Топ-менеджеры и системные администраторы уже не уверены, что в новых приобретениях не проявятся как хорошо известные старые, так и совсем неизвестные проблемы. Скорость выпуска новых версий опережает процесс тщательной отладки, которая может занимать год-полтора. В такой ситуации важно дополнять парк ПО, используя возможности растровых (Photoshop), векторных (CorelDraw) графических редакторов, продуктов Autodesk, Bentley, ERDAS, Golden Software, Intergraph.

В последнее время ПО для проектирования чертежей Autodesk значительно доработано и на его основе создана среда для работы с географической информацией, где можно использовать данные САПР, ГИС, создавать и редактировать растры и базы данных. Дополнительные модули AutoCAD Map, Autodesk World предоставляют широкий диапазон возможностей для интеграции, демонстрации, обработки запросов и анализа ваших данных, а также для создания графических отчетов, совместимых с Microsoft Office. Полностью масштабируемая технология Autodesk World может использоваться одним человеком или тысячей, на одном

персональном компьютере или на тысяче рабочих мест большого предприятия. Каждый пользователь создает свое особое представление наборов данных, без изменения общей информации.

Архитектура клиент-сервер гарантирует доступность и связанность распределенной информации.

Градостроение, генпланы, геодезия и картография охватывают широкий спектр информации. В этой области и смежных областях работают специалисты различного профиля, например, инженеры градостроители, картографы, инженеры по генеральным планам, геодезисты, специалисты охраны лесов и экологического мониторинга, инженеры по дорогам, инженеры по транспорту, инженеры водоснабжения и водоотведения, архитекторы, аналитики ГИС и многие другие.

Модуль для планирования территорий. AutoCAD Land Development Desktop предоставляет пользователю мощные средства топографического анализа, работы с координатной геометрией, цифрового моделирования местности, разработки планов земляных работ и расчета объемов земляных масс, а также, другие высокоэффективные инструменты и функции.

Ключевые возможности: решение задач координатной геометрии при обработке геодезической информации – ввод, редактирование и управление точечной базой данных; цифровое моделирование рельефа земной поверхности и создание на этой основе картографических материалов; разработка и анализ планов земельных работ при проектировании водоемов, зон парковок, строительных площадок, насыпей и др. При этом производится подсчет объемов выемки и засыпки грунта; возможность построения геоинформационных систем любого уровня сложности.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования программного обеспечения от Autodesk при создании комплексных проектов на различных этапах геологоразведочных работ.

В программе AutoCAD при ее использовании для задач геологии, моделирования рудных тел в недрах земли, можно создать трехмерную модель рудного тела на основе системы разрезов. Эти плоские контуры на разрезах сразу записываются как трехмерные полилинии, для этого им необходимо задать дополнительную координату – расстояние до разреза условной нулевой плоскости. На основе этих координат автоматически строится каркасная модель – объемный внешний контур рудного тела.

При использовании более специализированных программ для геологоразведочных и горнопроходческих работ, на основе данных, получаемых в ходе геологоразведочных работ, автоматически генерируется трехмерная модель (с возможностью просмотра планов и разрезов) всех пробуренных скважин и интервалов с различным содержанием полезного компонента (градации задаются путем

разбиения всего промежутка встречающихся значений на несколько равных частей).

Затем этот каркас заполняется блоками (объем которых определяет пользователь), в каждом из которых содержание полезного компонента рассчитывается путем интерполяции (методом кригинга, «ближайшего соседа» или обратных расстояний).

Поэтому крайне важно обеспечить обмен данными и результатами при решении различных задач. Одним из эффективных обменных форматов это DXF, разработанный в Autodesk, кроме того, на сегодняшний день обмен данными между САПР и ГИС реализован в форматах DWG и SHP.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ТАРБАЛЬДЖЕЙСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДАУРСКОГО ПОТЕНЦИАЛЬНО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

В.В. Василишина, Л.В. Чесноков

ФГБУ «ВИМС», Москва

Тарбальджейская ВТС (вулкано-тектоническая структура), расположенная на юго-западе Забайкальского края, находится в центральной части Даурского потенциально урановорудного района на левобережье реки Онон, между его левыми притоками рек Тарбальджей и Курулга. В административном отношении она входит в состав Акшинского района Забайкальского края.

Фундамент Тарбальджейской ВТС сложен гранитоидами кыринского комплекса раннего триаса. Геологические образования верхнего структурного этажа отчетливо подразделяются на два структурных яруса. Нижний ярус сложен покровными и субвулканическими телами дацитов и дацитовых порфириров сохондинского комплекса (J_2sh). Второй составляющей нижнего яруса являются гранитоиды харалгинского комплекса (γJ_2h), слагающие центральную («ядерную») часть Тарбальджейской ВТС. Второй структурный ярус сложен вулканитами джаргалантуйской (J_{2-3dz}) и акинской (J_{3ak}) свит. В составе джаргалантуйской свиты доминируют покровные фации риолитов. Это флюидальные и сферолитовые лавы, лавобрекчии, разнообломочные туфы, в меньшей мере проявлены субвулканические фации – риолит-порфириров, гранит-порфириров, кварцевых порфириров.

В северной части Тарбальджейской ВТС локализована основная группа известных рудопроявлений урана (Мариктуйское, Ара-Улетуйское и др.). Эти объекты приурочены к выходам на поверхность

кислых вулканитов акуинской и джаргалантуйской свит, опоясывающих с севера и востока массив высокорadioактивных гранитов харалгинского комплекса. Наибольшей распространенностью в пределах участков проявлений урана пользуются вулканиты риолитового состава джаргалантуйской свиты, в которых выявлено большинство радиоактивных аномалий и урановая минерализация. Образованию руд предшествовали и сопровождали их формирование гидротермально-метасоматические преобразования вулканитов, которые проявлены в той или иной степени во всех комплексах пород:

1. В такситовых линзах и литофизах кварц-полевошпатовых риолитов широко проявлены радиально-лучистые и пегматоидные образования кварц-полевошпатового состава. В их центральных частях, особенно в центре литофиз, нередко отмечаются альбит, иногда флюорит и часто скопления гранобластового кварца. Такие образования характерны для риолитов игниспумитовой фации, выделяющихся высокой газонасыщенностью и относятся к поствулканическим изменениям.

2. Хлорит-сульфидные изменения, установленные в риолитах, где выполняют гнезда и прожилки, отличаются более высокими содержаниями K_2O по сравнению с неизменёнными риолитами и аномальными концентрациями общей серы, свинца, меди и олова.

3. Преобразования альбит и хлорит-монтмориллонитового состава, имеющие околорудное значение, выражены в развитии коломорфного минерала циркония (аршиновита) как по акцессорному циркону, так и в виде гнезд среди монтмориллонитизированного базиса.

4. Кварц-гидрослюда-шамозитовые новообразования, в том числе сопровождаемые вкрапленностью флюорита, устанавливаются в зонах трещиноватости или расщепления среди флюидальных разностей риолитов. По петрохимическому составу они чаще мало отличимы от неизменных разностей, но выделяются вышекларковыми концентрациями, кроме урана, также свинца, иттрия и олова.

5. В катаклазированных разностях риолитов обнаруживаются прожилки кварцевого, кварц-гидрослюдистого или хлоритового состава, нередко сопровождаемые гематитизацией. При близком петрохимическом составе с неизменёнными разностями породы с такими новообразованиями выделяются аномальными концентрациями урана, а также свинца.

6. К пострудным новообразованиям относятся прожилки карбонат-флюоритового состава. Характерными являются жильные выделения флюорита с зернистым или друзовидным кварцем.

Локальный характер развития имеют процесс альбитизации, преимущественно выявленный в брекчированных риолитах скважины, а также процесс ороговикования в риолитах, представленный равномернoзернистым агрегатом кварца, полевых шпатов, альбита, с редкими биотитом и апатитом, проявленный вблизи контакта с гранитами.

Петрографические исследования на участках Мариктуйский, Ара-Улетуйский Тарбальджейской ВТС показали многоэтапные тектонические и гидротермально-метасоматические преобразования кислых вулканитов акуинской и джаргалантуйской свит. Изменения альбит и хлорит-монтмориллонитового состава сближены во времени с урановорудным процессом и рассматриваются в качестве околорудных.

Литература

1. Проект на выполнение работ по объекту № 100-1 «Поисковые работы на уран в пределах Тарбальджейской вулcano-тектонической структуры в Даурском потенциально урановорудном районе (Забайкальский край)». АО «Читагеологоразведка». Чита, 2015.

2. Справочник по геохимии. Войткевич Г.В., Кокин А.В. и др. Москва. Недра, 1990. 480 с.

3. «Изучение минералого-геохимических, структурных особенностей локализации уранового оруденения и его вещественного состава в перспективных геолого-структурных обстановках Акуинской ВТС». Договор № 1-10/12-1. Чесноков Л.В. Москва. ВИМС, 2014.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ МАРОЧНОГО СОСТАВА УГЛЕЙ В АЛДАНО-ЧУЛЬМАНСКОМ УГЛЕНОСНОМ РАЙОНЕ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО БАСЕЙНА

В.В. Васильев, Н.А. Игнатьева

АО «ВНИГРИуголь», Ростов-на-Дону

Алдано-Чульманский район (АЧУР) Южно-Якутского бассейна является основной сырьевой базой коксующихся углей на востоке России.

Угольные объекты АЧУР изучались в основном в 60-80-е годы прошлого века, определение марочного состава углей основывалось на ГОСТах, не действующих в настоящее время.

В период 2002-2012 гг. на ряде площадей и участков (Барылахская площадь, Право-Налдинский участок Налдинского месторождения, Ниректа-Холодниканская площадь, Верхне-Алдакайский участок Алдакайского месторождения, центральная и южная часть Лево-Алдакайского месторождения) были проведены поисковые работы современного уровня, в процессе которых получены новые данные по их геологическому строению, тектонике, угленосности и качеству углей. Марочный состав и технологические группы углей определялись по изменившимся ГОСТам [1-3].

Авторами проработано 124 геологических отчета о результатах съемочных, поисковых, оценочных, разведочных работ на уголь, выполненных на 53 участках, месторождениях и прогнозных площадях

Алдано-Чульманского угленосного района в разные годы [4]. Проведен анализ марочного состава углей угольных объектов и выявлены закономерности распределения углей различных марок до глубины 500-600 м в границах основных угленосных площадей: Алдано-Унгринской, Унгра-Талуминской, Кабакта-Дурайской, Кабакта-Чульманской и Чульмано-Горбыляхской (рис.). Проанализированы все пласты рабочей мощности дурайской, кабактинской, беркакитской и нерюнгриканской свит юрского периода, по которым подсчитаны запасы и оценены прогнозные ресурсы по категориям P_1 и P_2 . Марочный состав углей площадей с ресурсами категории P_3 прогнозировался по результатам анализа распространения марок углей на сопредельных изученных площадях.

Получены следующие результаты:

1. Установлено, что влияние регионального метаморфизма проявляется в увеличении стадий метаморфизма углей и пород: со стратиграфической глубиной залегания пластов; в плане по мере увеличения мощностей угленосных толщ; в разрезе по падению пластов с увеличением глубины их залегания. В центральной и восточной частях района отмечается увеличение влияния метаморфизма с северо-востока на юго-запад, выражающееся в изменении марочного состава углей от жирных до отощенно спекающихся; в западной части района (Алдано-Унгринская площадь) марочный состав углей изменяется от коксовых жирных на юге, до тощих на севере.

2. Общие закономерности изменения марочного состава в пределах площадей характеризуются следующим: в границах Унгра-Талуминской выявлено подавляющее развитие углей марки К (Якоцитское, Ниректинское (западная и центральная части Ниректа-Холодниканской площади), Налдинское и Нижне-Талуминское месторождения), в восточной части площади установлены отощенно спекающиеся и тощие угли.

В пределах Кабакта-Дурайской площади изменение марочного состава углей происходит с северо-востока на юго-запад от жирных углей до углей марки КЖ.

3. В границах Кабакта-Чульманской и Чульмано-Горбыляхской площадей влияние регионального метаморфизма увеличивается с северо-востока на юго-запад и проявляется в изменении марочного состава углей от коксовых жирных углей, распространенных по границе Кабакта-Чульманской и Кабакта-Дурайской площадей, до отощенных спекающихся углей, в крайней юго-восточной части Кабакта-Чульманской площади и южной части Чульмано-Горбыляхской, при преобладании углей марки К в их центральной части.

4. Относительно развитая инфраструктура, развитие углей различного марочного состава обуславливает перспективы обеспечения Российской Федерации коксующимися углями особо ценных остродефицитных марок.

Литература

1. ГОСТ 30313-95 «Угли каменные и антрациты (угли среднего и высокого рангов). Кодификация». М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995, 12 с.
2. ГОСТ 25543-2013 «Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам». М.: Стандартиформ, 2014, 19 с.
3. ГОСТ 32345-2013 «Угли Якутии для энергетических целей. Технические условия». М.: Стандартиформ, 2015, 6 с.
4. Хорошавин В.А. Оценка ресурсного потенциала коксующихся углей дефицитных марок Алдано-Чульманского угленосного района Южно-Якутского бассейна с выделением первоочередных объектов для постановки поисковых и оценочных работ. Отчет ВНИГРИуголь, Ростов-на-Дону, 2015, 668 с.

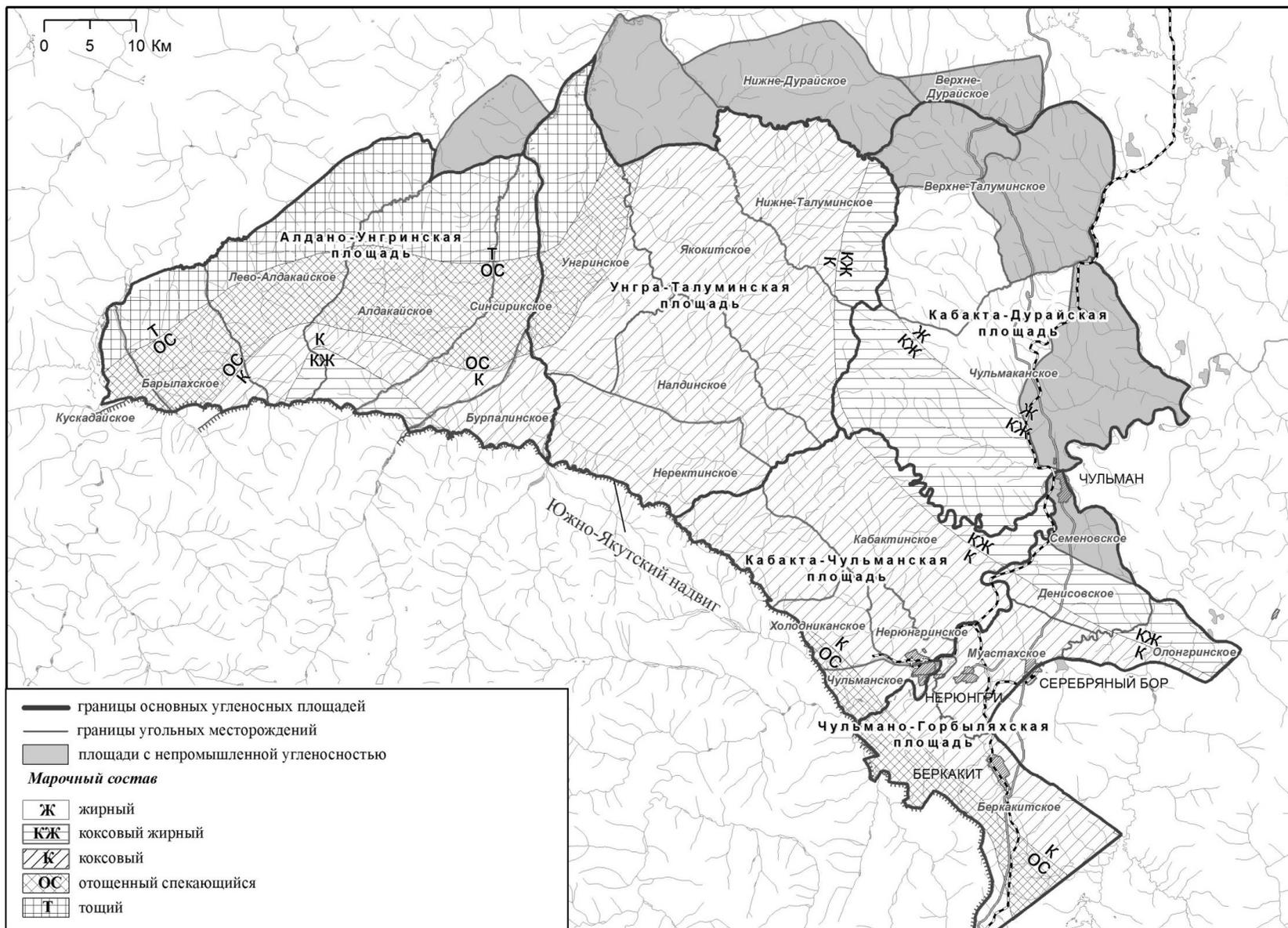


Рис. Распределение углей различных марок в границах угленосных площадей Алдано-Чульманского угленосного района Южно-Якутского бассейна

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е.С. Волков

ФГБУ «ВИМС», Москва

В последние годы добыча руды в мире составляет более 150 млрд т в год. Из них не более десятой части становится полезной продукцией, а остальное – это побочные материалы, которые по составу и свойствам могут быть полезны, но складированные и не перерабатываемые нарушают экологическое равновесие биogeоценозов. Это скопления отходов при разработке месторождений (некондиционные руды, вскрышные и вмещающие породы), горно-обогатительных комбинатов (хвосты, шламы), металлургической промышленности (шлаки, золы, кеки). Запасы подобных отходов, называемых техногенным минеральным сырьём [1, 2], постоянно растут и становятся аналогами естественных месторождений.

При выполнении работ по госзаданию проведена оценка потенциальных объектов техногенного сырья. Анализ минерального и химического составов отходов рудообогащения крупных предприятий Кольского ГПК показал, что они содержат значительное количество полезных компонентов, доступных для извлечения. Самыми крупными (по объему складированного сырья) являются отвалы отходов рудообогащения ОАО «Апатит» ~ 2000 млн т, ОАО «Олкон» ~ 1200 млн т и ОАО «Ковдорский ГОК» ~ 1000 млн т. [3]. В таблице 1 представлены данные по объемам отходов горных предприятий Кольского полуострова. Мелкодисперсный материал складированных отходов рудообогащения, с одной стороны, не требует измельчения для переработки, с другой – подвержен ветровой и водной эрозии, в результате чего теряются значительные объемы ценного минерального сырья, а также ухудшается состояние природной среды.

Являясь важным резервом получения дополнительных объемов минерального сырья, техногенные образования (месторождения), включающие все виды промышленных отвалов, шламо- и шлакохранилища, места разового складирования отходов, в последнее время привлекают к себе все больше внимание не только из-за своей ресурсной ценности, но также из-за необходимости их ликвидации, как мощных источников загрязнения окружающей среды в районе своего расположения. Поэтому увеличение объемов их утилизации является актуальной народно-хозяйственной проблемой. С позиций социально-экономической значимости отработки техногенного месторождения наиболее важными являются два группировочных признака: по эффективности использования и по степени ущерба, наносимого окружающей среде. Отработка

техногенных месторождений часто не отличается высокой рентабельностью, но обеспечивает значительное улучшение состояния окружающей среды при вовлечении в переработку основной массы отходов. Поэтому при принятии решения об освоении этих объектов приоритет должен отдаваться варианту, обеспечивающему наиболее полное использование отходов [4].

Таблица 1

Общие объемы отходов горных предприятий Кольского ГПК

Комбинаты добыча руды, млн т/год	Выпуск концентрата, млн т/год	Техногенные образования, млн т			Полезные компоненты	
		Отвалы	Хвостохранилища	Бедные руды, шлаки, щебень	млн т	%
АО «Апатит» 26	апатитовый – 7,5 нефелиновый – 0,9	>2000	1128,6	32,5	42,9 396,7	2,1 20,4
АО «Ковдорский ГОК» 18,5	железный – 5,6 апатитовый – 2,35 бадделеитовый 7,9 тыс.т	1022,5	340,0	110,6	11,6 5,5 15,6	10 5,3 4,6
ОАО «Олкон» 14,8	железный – 4,5	1190,4	443,5	12,8	37,7	8,5
ООО «ЛГОК» 0,4	лопаритовый – 7,3 тыс.т	2,6	31,8	50,0	-	0,488
ОАО «ГМК Печенганикель» 7,9	медно-никелевый – 0,44	1282,0	280,0	107,0	0,63	-

Техногенные образования предприятий Кольского полуострова могут стать перспективными для извлечения ценных компонентов, в том числе техногенные объекты железорудного сырья. В качестве таких объектов можно рассматривать хвосты мокрой магнитной сепарации магнетитовых руд, складированные в хвостохранилищах.

Разработанная магнитно-гравитационная технология обогащения техногенного сырья ОАО «Олкон» позволяет получать 1,1 млн т железного концентрата и 6 млн т высококачественного кварцевого продукта в год при обеспеченности предприятия сырьем на период более 40 лет [5].

Главным рудным минералом изучаемых проб является гематит, содержание которого в 2–3 раза выше магнетита, что свидетельствует о недостаточной эффективности действующей технологии переработки рудного сырья, не обеспечивающей извлечение слабомагнитных минералов. Основными силикатными минералами являются кварц, пироксены, амфиболы и полевые шпаты. Второстепенные минералы – слюды (биотит, мусковит), эпидот, гранат, хлорит, тальк.

Особенностью этого вида сырья является не только мелко-среднезернистое строение агрегатов магнетита и гематита, но и сложные срастания рудных минералов с породообразующими. Преобладающей фазой сростков является эмульсионная

вкрапленность магнетита в кварце и темноцветных силикатах – амфиболах и пироксенах.

Установлен различный характер раскрытия зерен гематита и магнетита, обусловленный тем, что в материале крупностью – 0,63+0,315 мм гематит представлен на 75% преимущественно раскрытой фазой, тогда как магнетит на 60–70% находится в сростках. Обнаружена тенденция увеличения свободных зерен рудных минералов до 85–90% во фракции крупностью –0,1 мм, что позволяет эффективно выделить свободные зерна гематита уже на начальных стадиях переработки техногенного сырья.

Из-за нахождения в пробах сростков гематита и магнетита с породообразующими минералами, сосредоточенными в основном в крупных фракциях некоторых проб, для их раскрытия в голове процесса введена операция дезинтеграции. Гравитационный принцип обогащения обоснован низкой удельной восприимчивостью гематита, благоприятным гранулометрическим составом отходов и заключается в стадийном выделении раскрытой рудной массы в готовый концентрат.

Данная технология обеспечивает получение железного концентрата, хвостов и промпродукта, состоящего в основном из сростков, раскрытие которых введением операции измельчения, позволяет извлечь дополнительное количество рудных минералов комбинированным магнитно-гравитационным способом [6].

Объективными предпосылками вовлечения в производственный оборот техногенного сырья могут являться:

- неизбежность сохранения природно-ресурсного потенциала, которая обеспечивается сокращением добычи первичных минерально-сырьевых ресурсов и снижением объема наносимого окружающей среде ущерба;

- необходимость замены первичных ресурсов вторичными, обусловленная потребностями производства в материально-сырьевых ресурсах, в том числе тех отраслей, природно-сырьевая база которых значительно исчерпана;

- возможность использования техногенных отходов при внедрении достижений научно-технического прогресса.

Литература

1. Hackett C. Environmental and Natural Resources Economics (theory, policy, and the sustainable society) / C. Hackett, C. Steven. New York, 2003. – 525 p.

2. Ehrlich P. Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity // Nature. 2004. 12 Jan. – 18-21 p.

3. Хохуля М. С., Гершенкоп А. Ш. Переработка отходов обогащения ОАО «Олкон» // Сборник материалов IV международной конференции «Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцевого региона в технологии строительных и технических материалов», Архангельск, 6–10 июня 2010 г.

4. Техногенные ресурсы и инновации в техноэкологии / под редакцией Е.М. Шелкова, Г.Б. Мелентьева. – М.: ОИВТ РАН, 2008.

5. Опалев А.С., Щербаков А.В. Разработка и внедрение инновационной

энергосберегающей технологии обогащения железистых кварцитов на АО «ОЛКОН». VI Уральский горнопромышленный форум. Материалы научно-технической конференции. 2015.

6. Хохуля М.С., Скороходов В.Ф., Бирюков В.В. Обоснование гравитационной технологии переработки железосодержащих отходов ОАО «Олкон» // Экологические приборы и системы. 2010. № 9.

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ШТОКВЕРКОВЫХ МОЛИБДЕНОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Д.Е. Выдрич, А.В. Сучков

ФГБУ «ВИМС», Москва

Для месторождений молибдена, вольфрама и других полезных ископаемых, в которых границы рудных узлов и полей определяются (в общих чертах) контурами интрузивных массивов и их экзо- и эндоконтактовыми частями, а размещение оруденения контролируется различными структурно-тектоническими, литологическими и иными факторами, главными поисково-оценочными элементами-признаками являются:

- позиция оруденения относительно рудопроизводящего плутона (интрузивного массива), его формационная принадлежность и положение в разрезе;
- морфология плутона (интрузивного массива), его поверхностей (контактов) и внутреннее строение;
- характер экзоконтактового метаморфизма и гидротермальных преобразований вмещающих пород, а также их расположение в пространстве;
- морфологические типы рудных тел и их размеры: штокверки, жилы, пласты и линзы, брекчиевые трубки и др.;
- рудная, минеральная и геохимическая зональность; её соотношение и сопряженность с метаморфическими и метасоматическими преобразованиями вмещающих пород;
- геохимические и геофизические поля на разных уровнях эрозионного среза месторождений.

В Джетском рудном узле (РУ) известны несколько генетических типов молибденового оруденения: плутоногенный гидротермальный, грейзеновый, зон кислотного выщелачивания в вулканических полях. Ведущее значение имеет плутоногенный гидротермальный тип, объединяющий молибденовую и медно-молибденовую рудные формации, что характерно как для Сорской группы Кузнецкого Алатау [3, 4], так и для Джетского РУ Восточного Саяна в Алтае-Саянской минерагенической провинции. В рудном узле расположена группа

молибденовых и золотых рудопроявлений, приуроченных к группе сближенных штоков и дайкообразных тел гранитоидных пород Бuedжульского интрузивного комплекса в поле развития пород лысанской свиты.

В целом содержательная часть геолого-поисковой модели медно-молибденовой рудной формации с золотом в пределах Джетского рудного узла характеризуется следующими основными элементами-признаками.

Структурно-тектонические элементы модели представлены рудоконтролирующими и рудовмещающими структурами. Площадь Джетского рудного узла представляет собой область сопряжения мощной зоны Восточно-Саянского глубинного разлома северо-западного простирания и серии оперяющих ее разломов северо-восточного направления Алтае-Саянской складчатой области. Оперяющие северо-восточные разрывные нарушения представлены зонами рассланцевания и брекчирования пород.

Рудовмещающими структурами являются оперяющие северо-восточные зоны разломов, по которым происходило внедрение молибденонесущих интрузивов, по ним же развит линейный, линзообразный штокверк с молибденовой минерализацией. Золотая минерализация связана с системой сближенных параллельных тектонически ослабленных зон (рассланцевания, смятия, милонитизации, брекчирования), сопряженных с разрывами взбросо-сбросового характера.

В пределах площади проявлены следующие магматические образования (*геологические формации*): на юге – Сыдинский массив беллыкского интрузивного комплекса (граниты, гранодиориты, диориты, кварцевые диориты), на западе – Бuedжульский массив Бuedжульского интрузивного комплекса (габбро-диориты, диориты, гранодиориты, граниты, граносиениты, сиениты). Продуктивными среди них являются малообъемные порфиоровые интрузии и дайки (в т. ч. скрытые) диорит-гранодиорит-(гранитового)-монцитонитоидного формационного ряда Бuedжульского комплекса. Рудовмещающими являются тела кварц-полевошпатовых метасоматитов и штокверков среди массивов гранитоидов, роговиков и сланцев лысанской свиты верхнего рифея (породы позднерифейского-раннекембрийского карбонатно-вулканогенно-терригенного углеродсодержащего комплекса).

Метаморфические элементы модели представлены контактовым метаморфизмом пород лысанской свиты с образованием кварц-биотитовых роговиков реже кристаллических сланцев средней степени метаморфизма в экзоконтактовом ореоле небольших штоков гранитоидных интрузий, а также мезозональными динамометаморфическими изменениями зеленосланцевой фации.

Метасоматические элементы модели выражены в ареалах распространения локальных гидротермальных и метасоматических изменений различного состава: калишпатизации, метасоматическим и

прожилково-жильным окварцеванием, серицитизацией, альбитизацией, хлоритизацией, грейзенизацией, карбонатизацией, сульфидизацией. эпидотизация березитизация и лиственитизация.

Минералого-геохимические элементы модели выражены в вещественном составе руд. Нерудные минералы представлены кварцем, серицитом, карбонатами, углистым веществом, хлоритом, эпидотом, лейкоксеном. Рудные минералы – молибденитом, пиритом, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом, золотом, шеелитом, блеклой рудой, гетитом, гематитом.

К *геофизическим элементам модели* относятся комплекс аномалий, связанных с проявлением рудного процесса. Центральные части кольцевых аномалий сдвига фаз со значениями $0,5-1,0^\circ$ пространственно связаны с молибденит-кварцевым, молибденит-пирит-кварцевым оруденением. Аномальные значения сдвига фаз ($1,5-2,5^\circ$) на периферии обусловлены преимущественно пирит-пирротиновой минерализацией. Слабоинтенсивные магнитные аномалии 200-500 нТл, обусловленные, как правило, зонами ороговикования скрытых близповерхностных интрузивных массивов средне-кислого состава.

К *геохимическим элементам модели* относятся характеристики площади в целом и выделенного комплексного аномально-геохимического поля (АГП). Характеристика включает рудно-формационные ряды элементов-индикаторов оруденения и геохимические показатели интенсивности его проявления и уровня эрозионного среза. Дополнительными геохимическими критериями являются: четко выраженные геохимические ассоциации рудогенеза по результатам факторного анализа; комплексность состава АГП; латеральный ряд геохимической зональности $Mo \rightarrow (W-Bi) \rightarrow (Cu-Pb-Zn) \rightarrow (Ag-Au-As-Sb)$.

На основании полученных данных о геологических, геофизических, геохимических и других особенностях рудного узла с учетом рудоконтролирующих факторов и критериев прогнозирования медно-молибденовой рудной формации [1-4], а также выявленных рудных ассоциаций химических элементов была составлена обобщенная геолого-поисковая модель. Исходя из полученной модели, можно сделать следующее предположение: менее эродированный гранитный шток рудопроявления Интрузивный (юго-восточная и центральная части) приурочен к верхнерудному или надрудному эрозионному срезу и является более перспективным на обнаружение молибденового оруденения на глубине; также прогнозируются скрытые молибденовые руды на северном и северо-западном флангах рудного штокверка рудопроявления Теплый 2.

Литература

1. Апельцин Ф.Р., Лугов С.Ф., Покалов В.Т., Фролов А.А. Локальное прогнозирование плутогенных месторождений молибдена, вольфрама и олова // М.: Недра, 1985, 243 с.
2. Овчинников Л.Н. Прогноз рудных месторождений. М.: Недра, 1992. 308 с.

3. Покалов, В.Т. Генетические типы и поисковые критерии эндогенных месторождений молибдена. М.: Недра, 1972. 272 с.

4. Покалов, В.Т. Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. М.: Недра, 1992. 288 с.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ГРАФИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ТАМГИНСКОГО УЗЛА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Э.Р. Гумадиев, А.С. Гордеев, И.Д. Твердов, А.Н. Халитова

ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», Казань

Тамгинский узел (Приморский край) содержит частично разведанные запасы графита, поэтому представляет несомненный интерес по изучению состава, свойств и оценке качества графитсодержащих пород.

Для исследования минералогических проб, отобранных на участках Бакальцовский, Поворотный и «Высота-316», привлечен комплекс информативных аналитических методов: рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА), термогравиметрический и дифференциальный термогравиметрический методы анализа (ТГ-ДТГ), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).

Определены:

- минеральный состав и количественные соотношения минеральных фаз пород;
- структурные формы углерода и количественное содержание графита;
- структурные и морфологические особенности компонентов, содержащихся в пробах.

Согласно данным РКФА образцы имеют многокомпонентный состав, представленный такими минералами как кварц, мусковит и хлорит, минералы из групп полевых шпатов, карбонаты (кальцит, доломит), сульфиды железа (пирит, марказит), графит. Основными породообразующими минералами являются кварц, полевые шпаты, мусковит, почти во всех пробах присутствует хлорит (до 10%) и небольшое содержание сульфидов железа. Карбонаты (кальцит, доломит) распределены неоднородно с большой вариацией содержания. Содержание кварца наибольшее и в отдельных случаях превышает 50%, что очень сильно затрудняет идентификацию графита в силу перекрывания его основного диагностического отражения $d \sim 3.35 \text{ \AA}$ с аналогичным рефлексом у кварца. Кроме того, по опыту более ранних исследований графитсодержащих пород отмечена возможность присутствия рентгеноаморфных форм

углеродсодержащих веществ УВ (рис. 1).

Для достоверного определения содержания графита в наших исследованиях привлечены методы термического анализа. В изученных пробах на термических кривых регистрируются интенсивные эндотермические эффекты выгорания углеродсодержащего вещества (УВ) и диссоциации присутствующих карбонатных минералов. По данным термического анализа, по методике, разработанной в ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», оценены содержания графита и его структурных форм. Содержание графита по изученным образцам колеблется в пределах от 1% до 12%. По термическим данным также выявлено наличие разных структурных форм графита. Так, в пробах участка Поворотный выявлен как скрытокристаллический, так и явнокристаллический графит. В пробах Бакальцовского участка – явнокристаллический графит.

Методом ПЭМ также выявлены мелкокристаллические частицы графита размером 0,2-0,3 мкм, чаще в виде осколочных фрагментов, и эпизодически – в форме полупрозрачных псевдогексагональных чешуек (рис. 2, 3). В основном, для исследованных проб характерны следующие морфотипы углеродсодержащих веществ: листоватая, чешуйчатая, чешуйчато-листоватая, аморфная (рис. 2-5). Листоватая форма представлена в виде частиц размером 0,3-0,5 мкм, более крупные частицы имеют размер от 1,5 мкм. Чешуйчатая форма – в виде частиц размером 1-1,5 мкм, более крупные – от 2 мкм. Чешуйчато-листоватая форма – в виде частиц размером 0,4-0,75 мкм, более крупные – от 1 мкм. Аморфная форма встречается в виде тёмных и полупрозрачных скоплений размером от 1 мкм.

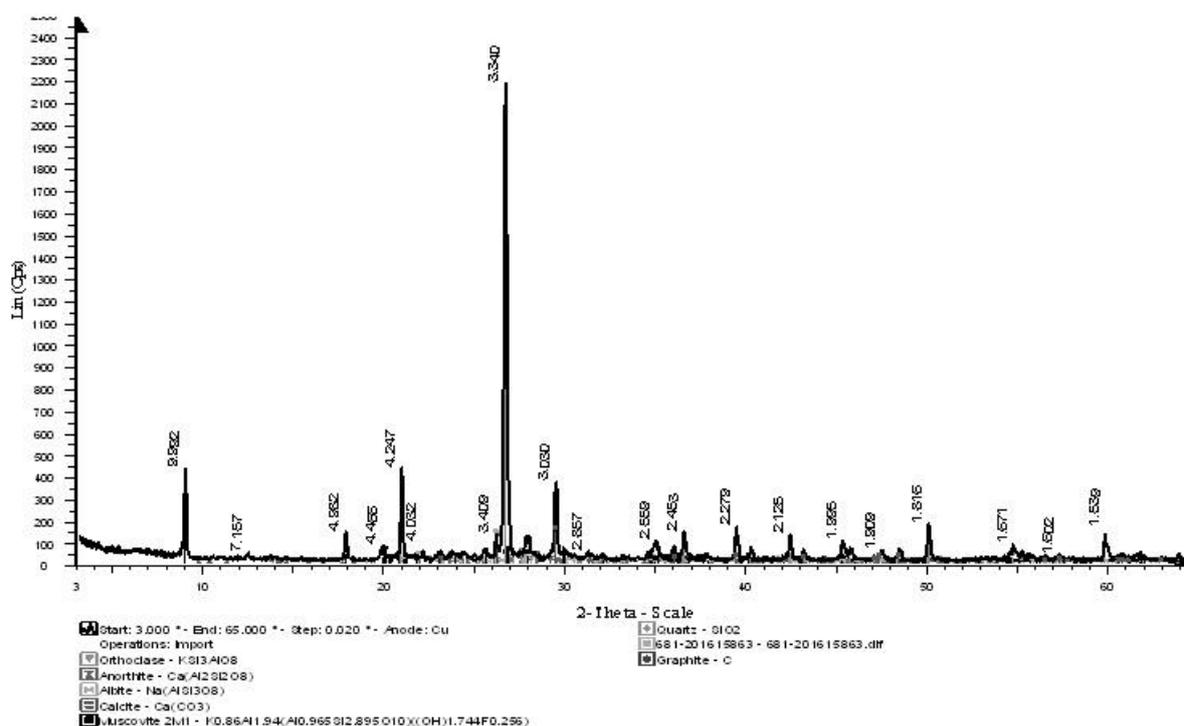


Рис. 1. Дифрактограмма пробы графитсодержащей породы

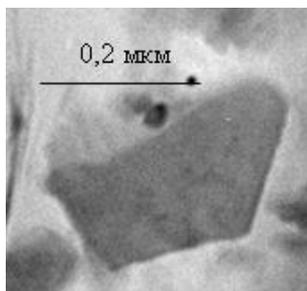


Рис. 2

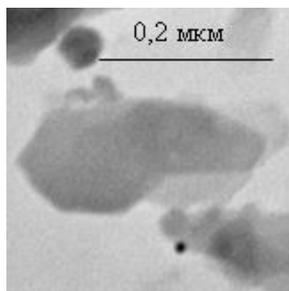


Рис. 3

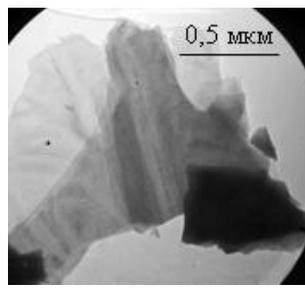


Рис. 4

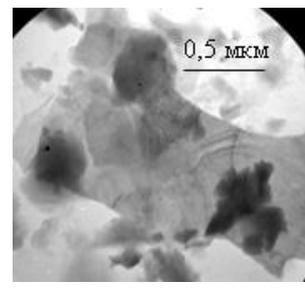


Рис. 5

Как правило, в графитсодержащих породах частицы УВ не встречаются отдельно. Чаще они образуют наложенные агрегаты или находятся в ассоциации с другими минералами: кварцем (рис. 4), мусковитом (рис. 4, 5), полевыми шпатами, сульфидами (рис. 5) и др. Нередки кристаллические формирования в виде сростков частиц графита с мусковитом и кварцем. «Традиционные» кристалломорфологические разновидности частиц УВ – изометричная, пластинчатая, клиновидная в данных породах отмечены существенно меньше.

Таким образом, изученные в данной работе особенности вещественного состава и морфологии УВ содержат ценную информацию об условиях формирования и эволюции минералов графитсодержащих пород Тамгинского рудного узла. Другая важная сфера применения методов ЭМ, РКФА, ТА – в технологической минералогии, где методы необходимы и, в ряде случаев, незаменимы при определениях минерального состава графитовых концентратов, получаемых при обогащении графитсодержащих пород, контроле технологического процесса.

Литература

1. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ./М: Недра, 1981.
2. Гинзбург А.И. Методы минералогических исследований. М.: Недра, 1985, 480 с.
3. Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1975, 520 с.
4. Сидоренко Г.А. Методические основы фазового анализа минерального сырья//Минеральное сырье/ВИМС. М., 1999, №4, 182 с.

ВЛИЯНИЕ УГЛЕПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

И.В. Гордеев, А.Г. Марков

АО «ВНИГРИуголь», Ростов-на-Дону

На современном уровне техники и технологии ни одна отрасль промышленности не может обеспечить полное и безотходное преобразование потребляемых ресурсов в товарную продукцию.

Угольная промышленность не представляет исключения и как составная часть топливно-энергетического комплекса является мощным источником формирования твердых отходов добычи и обогащения. В угледобывающем производстве отходами считаются все компоненты, не вошедшие в состав конечного продукта, т.е. товарного угля – горные породы угленосной толщи, вскрышные породы, включения в углях, углепородные сростки, угольные и угольно-породные шламы и низкосортные угли.

В процессе добычи и обогащения углей на 1 т производимого товарного угля в среднем приходится 3,3 т углеотходов. В целом по России на угольных шахтах и разрезах ежегодно извлекается из недр порядка 0,5 млрд м³ горной массы и образуется около 60 млн м³ минеральных отходов углеобогащения (Сечевица А.И., 1992). При этом ведущая роль в накоплении УПО принадлежит углерезам. Максимальное количество углеотходов накоплено в Южно-Уральском, Кузнецком, Канско-Ачинском и Донецком бассейнах.

Во ВНИГРИуголь, начиная с 1991г, проводится с систематическое углубленное и всестороннее изучение углепромышленных отходов как месторождений нетрадиционного минерального сырья, направленное на: углубленное изучение строения и литологического состава углепородных отвалов шахт и разрезов; разработку методов и системы комплексного изучения отвалов; изучение минерального состава и технологических свойств отвальных пород для расширения сферы их применения в качестве нетрадиционного минерального сырья (выявление и разработка новых экономически перспективных направлений промышленного использования); разработку технологий глубокой переработки отвальных пород с целью производства различных видов продукции; подсчет запасов и оценку ресурсов техногенного сырья на территории России.

В настоящее время, специалистами ВНИГРИуголь, на основании «Инструкции по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых к техногенным месторождениям угольного ряда Ростовской области» (2005), совместно с недропользователями проводится геологическое изучение породных отвалов с целью поисков и оценки техногенного месторождения общераспространенных полезных ископаемых и подсчета запасов техногенного сырья.

Важным фактором при выполнении этих работ является оценка негативного воздействия хранилищ УПО на окружающую среду. Хранилища углеотходов (отвальные хозяйства), как правило, формируются в непосредственной близости от населенных пунктов (шахтерских поселков и городов), либо на их территории. Основные факторы негативного воздействия породных отвалов на экологическую обстановку – выделение токсичных газов в процессе их горения (рис 1-3), запыление приземных слоев атмосферы, деформации рельефа, загрязнение поверхностных вод и почв тяжелыми металлами и токсичными соединениями, не характерными

для естественных природных ландшафтов, что опосредованно, через биоту негативно влияет на жизнедеятельность человека.

В результате выполненной геоэкологической оценки углепромышленных отходов на территории Восточного Донбасса, установлено, помимо запыления приземных слоев атмосферы, резко обостряют экологическую ситуацию пожары на отвалах. По данным замеров установлен температурный режим горения отвалов, выявлено, что каждый горящий отвал ежегодно выделяет в атмосферу до 4 тыс. т CO, 0,5 тыс. т SO₂, 160 т H₂S и 40 т NO₂. Вынос растворимых солей водами атмосферных осадков вызывает засоление почв вокруг них. Кроме того, в результате миграции химических элементов и их соединений происходит загрязнение депонирующих сред (почвы, поверхностных и подземных вод, растений) тяжелыми металлами в концентрациях, в десятки раз превышающих фоновые для почв. В процессе геологического изучения УПО обязательно проводится радиационная оценка техногенного сырья по ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективности естественных радионуклидов» (1-4).

Согласно принятой в России типизации химических элементов в неорганическом веществе углей к *токсичным элементам*, образующим опасные концентрации в атмосфере, водах и почвах, относятся Hg, As, Be, F. *Потенциально токсичными* являются вышеперечисленные токсичные элементы в содержаниях, ниже предельно допустимых, а также Pb, V, Ni, Cr, Mn. *Технологически вредными* считаются элементы, ухудшающие качество кокса, снижающие качество чугунов и сталей. Это прежде всего S и P в углях для коксования и As и Cl в энергетических углях. Одни и те же химические элементы могут выступать в разном качестве – быть ценными примесями при их извлечении в отдельные концентраты и вредными одновременно.

В настоящее время большинство исследований неорганического вещества угля ориентировано на оценку концентраций и форм нахождения потенциально токсичных элементов (Hg, As, Sb, Se, Be, F, Pb, V, Ni, Cr, Mn), в том числе радиоактивных (U, Th) и только потом на возможность попутного извлечения ценных элементов-примесей (Ge, U, Ga, Sc, Mo, Au, Ag, Re).

В соответствии с критериями отнесения отходов к классу опасности для окружающей природной среды (ОПС), углеотходы большинства угледобывающих регионов России, по данным ВНИГРИУголь, относятся к III классу (умеренно опасные) со средней степенью вредного воздействия на ОПС.

Поэтому экологическая оценка углепромышленных отходов является весьма актуальной задачей в угледобывающих регионах России.

Литература

1. Коломенский Г.Ю., Гипич Л.В., Коломенская В.Г. Экологическая характеристика и перспективы утилизации углепромышленных отходов

Ростовской области. Эколого-географический вестник Юга России, 2002, №1.

2. Коломенский Г.Ю., Гипич Л.В., Кузина З.Р., Приваленко В.В. Экологические проблемы Восточного Донбасса. Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естеств. Науки, Прил., 2004, №7.

3. Коломенский Г.Ю., Гипич Л.В., Коломенская В.Г., Михалев С.А., Седлецкий В.И. Экологические последствия ликвидации шахт Восточного Донбасса и необходимость совершенствования системы экомониторинга. Изв. ВУЗов. Северо-Кавказский Регион. Естеств. науки. 2006, №2.

4. Коломенский Г.Ю., Гипич Л.В. Геоэкологическая оценка техногенных месторождений угольного ряда Сб. Вопросы геологии и освоения недр юга России, Изд-во ЮНЦ РАН, 2007, 190-194.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАЛООБЪЕМНЫХ КАРТИРОВОЧНЫХ ПРОБ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ОТБойНОЕ

Г.С. Гришаев, В.И. Зайков

ФГБУ «ВИМС», Москва

Технологическое изучение малообъемных проб позволяет эффективно дополнять традиционный подход, основанный на изучении нескольких проб большой массы и устраняющий его многочисленные недостатки. Основанное на оценке обогатимости руд месторождения с помощью большого числа проб малой массы, изучаемых по моделирующим схемам, и сопровождаемое определением основных параметров вещественного состава, изучение МТП открывает широкие возможности для технологического моделирования [1].

При проведении оценочных работ на редкометалльном рудопроявлении Отбойное, при выполнении геолого-технологического картирования было изучено 30 малообъемных технологических проб (МТП).

Основной ценный компонент – тантал, в пробах представлен танталитом, танталит-колумбитом, микроклином.

Среди породобразующих минералов наиболее развиты альбит, кварц, микроклин, и слюды (мусковит) сумма которых в пробах составляет более 95%.

Изучение изменчивости технологических свойств в зависимости от вещественного состава выполнено на пробах, раздробленных до крупности – 2 мм и представляющих различные геолого-минералогические разновидности.

Исследования гранулярного состава МТП показали, что в них присутствует разнозернистый материал: крупнозернистый крупностью +2 мм с выходом по пробам от 1,63% до 74,47%, среднезернистый крупностью -2+0,5 мм с выходом от 19,93% до 94,53%, мелкозернистый крупностью -0,5+0,044 мм с выходом по пробам от 4,9% до 60,82% и тонкодисперсный крупностью -0,044+0 мм, выход

которого по пробам от 0,18% до 10,70%. При этом установлено, что в тонком классе крупности $-0,044+0$ мм наблюдается повышенная концентрация тантала в сравнении с зернистой частью ~ в 1,27 раза.

Физические свойства минералов руды: плотность и магнитная восприимчивость, свидетельствуют о возможности использования для этих руд механических методов обогащения.

Для изучения гравитационных свойств МТП классы ситовых анализов подвергались гравитационному анализу в тяжелой жидкости плотностью $2,9 \text{ г/см}^3$.

Установлено влияние на эффективность расшлаивания крупности исходных классов. С понижением крупности в тонких классах руды крупностью $-0,315$ мм увеличивается содержание Ta_2O_5 и Nb_2O_5 в тяжелой фракции $>2,9 \text{ г/см}^3$. Из анализа полученных данных следует, что для получения тантало-ниобиевых продуктов необходимо тонкое измельчение руды.

Трудность гравитационного обогащения связана также с присутствием в руде сопутствующих минералов, обладающих промежуточной плотностью $2,8-3,5 \text{ кг/м}^3$ (мусковит, апатит, турмалин, гидроксиды железа, эпидот и др.), которые могут разубоживать гравитационный редкометалльный концентрат.

Магнитное фракционирование проводилось сухим и мокрым способами на классах ситовых анализов малых технологических проб на индукционно-роликовом сепараторе 138-СЭМ и полиградиентном сепараторе ЭКЛ-1 при напряженности магнитного поля 1250 мТл .

Результаты магнитного фракционирования показали, что контрастность магнитных свойств руд МТП значительно ниже, чем гравитационных.

Магнитная сепарация должна проводиться в магнитных полях высокой напряженности. При этом магнитные танталсодержащие фракции будут содержать значительное количество сопутствующих магнитных минералов, близких к ним по величине магнитной восприимчивости – амфиболов, турмалина, эпидота, мусковита, снижающих содержание тантала и увеличивающих содержание вредной примеси – SiO_2 .

Анализ гравитационных и магнитных свойств руды малых технологических проб показал, что для их эффективного обогащения наиболее перспективным является гравитационное обогащение.

С целью оценки влияния вариаций вещественного состава руд на их технологические свойства и на распределение ценных и примесных компонентов проведена технологическая оценка МТП в едином режиме по моделирующей гравитационной схеме, включающая основную операцию и контрольную перечистку хвостов и промпродуктов на концентрационном столе опорного типа Wilfley, который обеспечивает высокую извлекаемость тонких частиц и получение гравитационных концентратов за счет специфики приводного механизма стола, качественной характеристики конструкции и покрытия деки стола.

Дробление руды до крупности -0,315 мм проводилось на лабораторной конусной инерционной дробилке КИД-100, которая ввиду особенностей своей конструкции обеспечивает селективность измельчения.

Установлено, что содержание ценных компонентов в черновых концентратах отличаются значительными колебаниями от 0,329% до 7,363% при извлечении Ta_2O_5 в концентрат – 4,76% и 72,74%, соответственно.

Оценка обогатимости МТП по моделирующей гравитационной схеме показала, что пробы, несмотря на значительные колебания в них содержания Ta_2O_5 и Nb_2O_5 , незначительно различаются по минеральному составу и могут удовлетворительно перерабатываться по единой технологической схеме, т.е. могут быть отнесены к одному технологическому типу руды. В то же время показатели обогащения отдельных проб в значительной степени варьируют, и эти пробы могут быть отнесены к различным технологическим сортам.

Литература

Кушпаренко Ю.С. «Геолого-технологическое картирование тантало-ниобиевых и оловянных месторождений», методические рекомендации НСОМТИ №34. ВИМС. М. 1988. 60с.

ОБЪЕМНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА СТОЛБОВОЕ

Ю.А. Додриков

ФГБУ «ВИМС», Москва

Месторождение находится в Нижнеудинском районе Иркутской области и приурочено к сопряжению Восточно-Сибирской равнины с горно-складчатыми сооружениями Восточного Саяна, в пределах листа N-47-IX.

Геологически объект расположен в юго-западном обрамлении Сибирской платформы на Восточно-Саянском краевом выступе докембрийского фундамента, осложненного гранито-гнейсовыми куполами, в зоне выклинивания перекрывающего их субплатформенного рифейского чехла. В геологическом строении района выделяются два основных структурных этажа – раннепротерозойский гранит-метаморфический фундамент и с размывом перекрывающий его средне-верхнерифейский субплатформенный чехол, сложенный терригенно-осадочными породами. Вся урановорудная минерализация на площади выявлена вблизи границы предрифейского структурно-стратиграфического несогласия (СН) в гранитизированных породах фундамента в связи с тектоно-метасоматическими зонами, по латерали продолжающимися под рифейский чехол.

По результатам геологоразведочных работ 2013-2015 гг. Сибирского филиала «Березовгеология» ФГУПП «Урангео» в рудном поле с месторождением Столбовое радиометрическими поисками выявлено 838 точечных аномалий интенсивностью 150-3000 мкР/ч. Из пробуренных 24 поисковых скважин глубиной порядка 100-300 м, шестью скважинами под толщей терригенно-осадочных пород на разных гипсометрических уровнях вскрыты рудные пересечения с содержаниями урана более 0.1%. Установлен благоприятный гипсометрический уровень локализации уранового оруденения 750-930 м. В содружестве с ФГБУ «ВИМС» выделены и обоснованы этапы уранового рудообразования, отвечающие рифейскому времени. По совокупности признаков было сделано предположение, что характер рудолокализации близок к месторождениям типа «несогласия».

Если на свободной от рифейских отложений части площади месторождения Столбового пространственная ориентировка рудоносных зон была определена с помощью канав и бурения вполне достоверно, то на перекрытой глинисто-песчаной толщей рифея части площади этот вопрос на момент окончания поисковых работ однозначно не был решен. В связи с этим, для определения морфологии и пространственной ориентировки рудоносных зон и рудных тел в качестве опытно-методических исследований начата работа по созданию трехмерной геологической модели с пространственным положением рудных зон.

На начальном этапе моделирования были собраны и проанализированы материалы прогнозно-поисковых работ Сосновской экспедиции 1 Главного Геологоразведочного Управления 1965-1967 гг. и Сибирского филиала «Березовгеология» ФГУПП «Урангео» 2013-2015 гг. Далее материалы были структурированы, созданы базы данных скважин, с последующей их визуализацией в трехмерном пространстве, с опорой на которое проводилось проектирование положения рудных тел.

Уже на данном этапе получены предварительные результаты, свидетельствующие о том, что главными по рудоконтролю и рудоносности структурами рудного поля являются структуры субмеридиональной ориентировки. Подобные исследования имеют определенные перспективы в случае возобновления работ на Шангулежской площади в пределах участков рудного поля, перекрытых терригенно-карбонатными отложениями рифейского протоплатформенного чехла.

Автор выражает благодарность ведущим специалистам ФГБУ «ВИМС», сотрудникам отдела урана, редких металлов и горючих ТПИ Мельникову С.И. и Петрину А.В.

ИЗУЧЕНИЕ ОБОГАТИМОСТИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД ЧУКТУКОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.И. Зайков, Г.С. Гришаев

ФГБУ «ВИМС», Москва

В настоящее время перспективным источником редкометалльного и редкоземельного сырья, способным обеспечить потребности промышленности, являются ниобий-редкоземельные руды месторождений кор выветривания карбонатитов. Они характеризуются весьма сложным минеральным составом, высокой дисперсностью и крайне неравномерным распределением полезных минералов. Примером такого сырья являются ниобий-редкоземельные руды Чуктуконского месторождения, приуроченные к латеритным корам выветривания карбонатитов.

Кора выветривания Чуктуконского месторождения сложена мощной толщей рыхлых охристых продуктов выветривания, с которой связаны два главных типа руды: редкоземельный и ниобий-редкоземельный. Руды отличаются полиминеральным составом, высокой дисперсностью минеральных составляющих (первые микрометры – первые десятки микрометров) и их тесными срастаниями. Они практически целиком сложены вторичными гипергенными минералами, среди которых преобладают оксиды и гидроксиды железа и марганца (гетит, гематит, псиломелан, пиролюзит). Редкоземельные минералы представлены монацитом, двойными водными фосфатами группы крадаллита (флоренситом, горсейкситом, гоацитом), церианитом, а также ксенотимом. Редкометалльная минерализация представлена вторичными стронцио-, барио- и цериопирохлорами. Остальные минералы присутствуют в переменном количестве (каолинит, кварц, апатит, анатаз, рутил, кальцит и др.).

Объектами исследований являлись две пробы руды: первая (№1) – ниобий-редкоземельная с содержанием $\sum REE_2O_3$ 2,28% и Nb_2O_5 1,35%, вторая (№2) – редкоземельная с содержанием $\sum REE_2O_3$ 6,48%, Nb_2O_5 0,98%.

Изучение технологических свойств проб руды крупностью – 2 мм проб гранулометрическим, гравитационным и магнитным анализами показало:

- в пробах присутствует разномерный материал: среднезернистый крупностью -2+0,5 мм с выходом 19,1% и 24,4%, и мелкозернистый крупностью -0,5+0,044 мм с выходом 25,2% и 30,9% соответственно. Руды отличаются высоким содержанием тонких классов крупности -0,044+0 мм, составляющим соответственно 55,7% и 44,7% соответственно. При этом более 50% материала в этом классе представлено практически нераскрываемыми ультратонкими частицами размером < 5 мкм, что будет негативно отражаться на

использовании гравитационных и флотационных методов обогащения;

- минералогический анализ продуктов ситового анализа исходных руд установил, что материал всех классов, включая тонкие, практически на 100% состоит из сростков. Сростки имеют переменный состав, сложены тонкодисперсными гетитом, минералами марганца, реже – гематитом, находящимися в тесных срастаниях. Рентгенографическим анализом в них установлено присутствие монацита, редко обнаруживается тонкая вкрапленность вторичного пирохлора. Разделить такие сростки механическими методами не представляется возможным (*изучение было проведено научным сотрудником минералогического отдела к.г.-м.н. Сычевой Н.А.*);

- с целью определения теоретической возможности обогащения было проведено гравитационное и магнитное фракционирование руды. Для изучения влияния крупности исходной руды на технологические показатели фракционирования проведено на классах крупности ситовых анализов.

Результаты гравитационного и магнитного анализов показывают, что обогащение проходит с невысокими показателями по извлечению ниобия в редкометалльный концентрат из-за наличия микровключений пирохлора в оксидах, гидроксидах железа и алюмофосфатах и невысокими показателями по качеству редкоземельного концентрата из-за неоднородности состава редкоземельных минералов.

Таким образом, минералого-технологические особенности, установленные при изучении гранулометрического, магнитного и гравитационного анализов, позволяют отнести руды изученных проб к труднообогатимым или практически необогатимым.

Выявленные негативные особенности минерального состава исходной руды проб, а именно – высокая дисперсность всех слагающих минералов, образование сложных типов срастаний гидроксидов железа с пирохлором, монацитом, тонких срастаний с минералами группы крандаллита крайне отрицательно сказываются на их раскрытии. Кроме того, повышенная хрупкость пирохлора, склонность его к переизмельчению также негативно влияют на его извлечение в концентрат.

Это было подтверждено результатами экспериментальных исследований, проводившихся в следующих направлениях:

- определение оптимальной тонины помола руды при различных способах– измельчения с минимальным шламообразованием;

- исследований по методике Ultra Fine на центробежном концентраторе Falcon– L-40, предназначенном для гравитационного обогащения тонкозернистых и тонкодисперсных руд;

- изучение возможности применения методов полиградиентной магнитной сепарации в технологической схеме обогащения;

- флотации пирохлора с использованием различных сочетаний собирателей и регуляторов среды при отдельной флотации песков и шламов;

- магнитно-флотационной технологии обогащения зернистых песков с использованием мокрой магнитной сепарации;
- гравитационно-флотационной технологии обогащения с определением– возможности выделения редкометалльных и редкоземельных концентратов.

Ни один из испытанных методов как в отдельности, так и в различном сочетании не позволили достичь селекции и высокого извлечения минералов, содержащих ценные компоненты (Nb, РЗЭ).

Таким образом, руды Чуктуконского месторождения являются практически необогатимыми механическими методами, что предопределяет необходимость их переработки гидрометаллургическими методами.

НОВЫЕ ДАННЫЕ, СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИЕ О ПЕРСПЕКТИВЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БОДАЙБИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И.О. Захаров, Е.Е. Котельников, В.Д. Конкин, В.Е. Васюков

ФГУП «ЦНИГРИ», Москва

В 2015 году, в рамках госконтракта 111-36 (120-36) от 6 июня 2013 г., ФГУП «ЦНИГРИ» завершил поисковые работы в южной части Бодайбинского рудного района, в процессе которых были получены новые данные, свидетельствующие о перспективе выявления новых промышленных золоторудных объектов, в частности на Шилкинском участке.

Участок Шилкинский расположен в пределах Успенско-Чанчиковской субширотной рудоконтролирующей зоны складчато-разрывных деформаций (ЗСРД) третьего порядка, прослеженной в процессе проведенных работ. Зона ранее намечена предшественниками как зона бурошпатизации (Вохминцев и др. 1961) и рудная зона (Александров А.Л. и др. 1974).

ЗСРД имеет ширину около 3 км и протяженность более 60 км. В пределах зоны проявлена более интенсивная складчатость 4-го и более высоких порядков с амплитудой 150-200 м, осложненная многочисленными продольными вязкими разломами. Осевые поверхности складок субпараллельны ЗСРД. В строении складок участвуют породы догалдынской и илигирской свит вендского возраста, представленные метапесчаниками, метаалевролитами с редкими углеродистыми алевролитовыми сланцами и известняками.

Догалдынская свита (мощность 400-800 м) является рудовмещающей для месторождения Большой Чанчик, находящегося

в пределах изучаемого участка, месторождения Кавказ, расположенного западнее в этой же ЗСРД, а также месторождения Копыловское, локализованного в соседней Александро-Копыловской ЗСРД севернее участка. Вышеперечисленные месторождения отнесены к золото-кварцевому типу в черносланцевых толщах.

Кроме интенсивной складчатости и разрывных деформаций зона трассируется аномалиями Au и As по вторичным ореолам рассеяния, проявлениями вкрапленного пирита (нескольких генераций), Fe-Mg карбонатизацией (бурошпатизацией), развитием кварцевых жил и прожилков, серицитизацией (мусковитизацией). Интенсивное проявление рудоносных процессов в ЗСРД подтверждается геофизическими данными – отмечаются участки повышенных значений поля силы тяжести, которые отражают проявление интенсивной бурошпатизации (до 20%), «зоны распада» магнитного поля (участки размагничивания пирротина), отражающие, по имеющимся наблюдениям, проявление процессов диафореза, и аномалии калия, обусловленные серицитизацией (мусковитизацией).

Для оценки рудоносности ЗСРД, заверки ранее установленных предшественниками геохимических аномалий Au и As (Кулаков и др. 1983) в пределах Шилкинского участка проведены геолого-поисковые маршруты, пройдены шурфы и бульдозерные расчистки до 1 м со шлиховым, точечным, литохимическим по первичным ореолам (ПО) и вторичным ореолам рассеяния (ВОР) опробованием. В процессе этих работ выделены минерализованные зоны, характеризующиеся наиболее интенсивным проявлением складчатости и рассланцевания, бурошпатизации (до 45%), сульфидизации (до 5%), жильно-прожилкового окварцевания, серицитизации (мусковитизации) с содержаниями Au > 0,01 г/т и As > $5 \cdot 10^{-3}\%$. Эпицентры ореолов, выявленных в минерализованных зонах, вскрыты канавами и скважинами колонкового бурения.

По данным кернового и бороздового опробования выявлены и прослежены на глубину субпараллельные золотоносные минерализованные зоны Южная, Центральная, Северо-Восточная и Северная с содержаниями Au > 0,01 г/т и As > $5 \cdot 10^{-3}\%$. Эти зоны локализованы в субширотной полосе 500-1500 м, с падением на северо-восток под углом 60-80°. В пределах наиболее перспективной Центральной минерализованной зоны выделено пять потенциально рудных зон с содержаниями Au > 0,5 г/т и As > $10 \cdot 10^{-3}\%$, шириной 30-100 м, длиной до 700 м. При изучении рудных зон, в ряде канавных и скважинных пересечений, выделены интервалы со значимыми концентрациями золота.

В результате участок Шилкинский рекомендован для проведения детальных поисковых работ, в процессе которых, как на уровне денудационного среза, так и по падению, прогнозируется выявление промышленного золотого оруденения.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ ТОНКОВКРАПЛЕННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВЫХ РУД

М.В. Иванова, Е.С. Броницкая, С.В. Соколов

ФГБУ «ВИМС», Москва

Для редкометалльных руд характерно наличие в исходном материале значительного количества тонкозернистой фракции, состоящей из тонких глинистых, иллитоподобных и окисленных охристых железистых минералов и пленок, нивелирующих контрастные свойства основных ценных минералов и предопределяющих трудную обогатимость сырья. При доводке черновых редкометалльных концентратов потери металлов достигают 15-20%, что объясняется близостью магнитных, электрических свойств полезных и сопутствующих минералов из-за ожелезненности их минеральной поверхности, что затрудняет их селекцию [1-3]. Этими факторами определяется необходимость использования комплекса современных методов рудоподготовки, гравитационного и магнитного обогащения при разработке схем переработки тонковкрапленных комплексных редкометалльных пегматитовых руд.

Объектом исследований по глубокому обогащению являлась тонковкрапленная комплексная редкометалльная пегматитовая руда, содержащая, мас. %: Nb_2O_5 – 0,018; Ta_2O_5 – 0,031; SiO_2 – 73,0; Al_2O_3 – 16,1; Na_2O – 7,51; K_2O – 2,17; P_2O_5 – 0,14; $S_{общ}$ <0,1%; TiO_2 – 0,019; Rb – 0,17; Sn – 0,0036; Li – 0,0021; Th – 0,0003; U – 0,0006. По содержанию пентаоксида тантала (0,031 мас. %) изучаемая руда относится к богатой. Выявленные содержания тория (3 г/т) и урана (6 г/т) свидетельствуют о низкой радиоактивности руды.

В руде проявлена разнообразная редкометалльная минерализация. Главный полезный элемент – Ta вместе с Nb являются видообразующими в установленных ниобо-танталатах – микролите, колумбите-танталите, иксиолите, воджините.

Главными породообразующими минералами являются – альбит, микроклин, кварц, мусковит. По минеральному составу рудные пегматиты относятся к кварц-микроклин-альбитовому типу.

Танталовая минерализация в рудных пегматитах присутствует преимущественно в виде рассеянной вкрапленности кристаллов и зерен микрометрового уровня. Изучение раскрытия полезных минералов посредством оптико-минералогического метода показало, что высокое содержание свободных зерен достигается только в классе крупности -0,1 мм, что требует тонкого измельчения рудной массы при проведении технологических испытаний. Поскольку все упомянутые ниобо-танталаты характеризуются повышенной хрупкостью, то при измельчении рудной массы они разрушаются, что приводит к обогащению свободными

фрагментами и богатыми сростками тонких классов крупности.

В связи с этим значительное влияние на результаты обогащения и технологическую схему оказывает выбор оптимальной схемы рудоподготовки. Поиск эффективной технологии рудоподготовки (ОАО «Уралмеханобр») осуществлялся определением оптимальной крупности дробления и измельчения, выбором эффективного механизма селективного разрушения породы, обеспечивающего максимальное раскрытие минералов при низкой степени ошламования.

Исследования по рудоподготовке проводились с использованием современного оборудования: центробежно-ударная дробилка (ДЦ-05); конусная инерционная дробилка (КИД 300А); валковая дробилка высокого давления (ИВВД – LABWAL); центробежная мельница (ЦОМ); стержневая мельница (МСЦ 36x45); шаровая мельница (МШЛ-7); грохотов: Derrik и Kroosh.

На основании проведенных экспериментальных исследований была выбрана технологическая схемы рудоподготовки с применением специальных методов, основанная на использовании оборудования, обеспечивающего наибольшую степень дробления (дробилка КИД), лучшую эффективность при тонком грохочении (грохот Kroosh) и наименьшую степень ошламования при измельчении (стержневая мельница).

Изучение магнитных и гравитационных свойств редкометалльной пегматитовой руды, степени раскрываемости танталовых минералов при рудоподготовке позволило установить, что наиболее эффективным процессом первичного обогащения руды является гравитационный метод, обеспечивающий извлечение в черновой концентрат всего комплекса присутствующих в руде ценных минералов.

При проведении исследований по гравитационному обогащению использовались следующие обогатительные аппараты с различным принципом действия: винтовой сепаратор FM-1; центробежный концентратор Falcon L-40; концентрационный стол опорного типа «Wilfley».

Первичное гравитационное обогащение руды крупностью: -0,5+0 мм было проведено с использованием винтового сепаратора FM-1; -0,315+0 мм и -0,1+0 мм на концентрационном столе опорного типа Wilfley; -0,1+0 мм на центробежном концентраторе Falcon L-40.

Лучшие результаты были достигнуты при гравитационном обогащении на концентрационном столе «Wilfley» руды крупностью - 0,315+0 мм с получением чернового концентрата, содержащего 8,01% Ta_2O_5 и 3,65% Nb_2O_5 при извлечении 63,53% и 49,42% соответственно, с выходом – 0,23%. Черновой концентрат доизмельчался до крупности - 0,16+0 мм и направлялся на доводку методом сухой магнитной сепарации на электромагнитном индукционно-роликовом сепараторе 138-СЭМ при напряженности магнитного поля 0,5 Тл. В результате доводки был получен танталовый концентрат, содержащий 30,2% Ta_2O_5 и 3,58% Nb_2O_5 при извлечении 60,4% и 12,21%, соответственно.

По результатам проведенных исследований по глубокому обогащению тонковкрапленных комплексных редкометалльных пегматитовых руд была разработана гравитационно-магнитная схема обогащения, включающая:

– специальную рудоподготовку с использованием современной аппаратуры: конусной инерционной дробилки КИД, многочастотного вибрационного грохота Kroosh и стержневой мельницы;

– гравитационно-магнитное обогащение измельченной руды с использованием современных концентрационных столов опорного типа «Wilfley» и последующей доводкой черного концентрата магнитной сепарацией.

По разработанной технологической схеме получен танталовый концентрат марки ТАК-2 – 30,2% Ta₂O₅ (ТУ-48-4-233-72) при извлечении 60,4% от руды.

Литература

1. Быховский Л.З., Потанин С.Д. Геолого-промышленные типы редкометалльных месторождений // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая, № 28. М.: ФГУП ВИМС, 2009. 156 с.

2. Кременецкий А.А., Калиш Е.А. Комплексные редкометалльные месторождения России и основные направления повышения их инвестиционной привлекательности // Разведка и охрана недр. 2014 – №9. С. 3-8.

3. Чистов Л.Б., Охрименко В.Е. Современное состояние технологии обогащения руд редких металлов России // Обогащение руд. 2006 – №1. С. 7-10.

СУРЬМЯНО-РТУТНО-РЕАЛЬГАРОВЫЙ ПОЯС ЗОНЫ ГЛАВНОГО ХРЕБТА (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Е.Н. Кайгородова

ИГЕМ РАН, Москва

Сурьямно-ртутно-реальгаровый пояс протягивается на расстояние около 200 км от г. Эльбрус на западе до горного Дагестана на востоке. Все месторождения в пределах этого пояса относятся к типу эпитеpmальных и являются молодыми предположительно неогеновыми. Данный пояс относится к верхнетретичной металлогенической эпохе.

Молодые неоинтрузивные породы, с которыми по преимуществу связаны редкие и малые металлы, в основном локализованы в зонах разломов, простирающихся параллельно орографической линии Главного хребта и в сопряженных с ними поперечных дислокациях значительно меньшего протяжения (Коштантау-Цурунгальский очаг). Они преимущественно развиты в приосевой части Главного хребта с обеих сторон от водораздельной линии. Поэтому ряд месторождений редких и малых металлов (висмут, мышьяк, сурьма и ртуть), отчасти сопровождаемых полиметаллами, приуроченных к Кавказскому

хребту, выделяются в «сурьяно-ртутно-мышьяковый пояс Главного хребта». На южном склоне выделяются следующие рудные узлы: Цанский, Зопхито, Каробский, Лухумский [1].

Оруденение представлено кварцевыми или кальцитовыми жилами (иногда с баритом) с вкрапленностью антимонита, реальгара, аурипигмента, метациннабарита и киновари.

В пределах Кабардино-Балкарской республики выделяются месторождения Дых-су (Крумкол) и Цурунгал в верховьях Черекского ущелья, Гитче-Тырныаузское в Баксанском ущелье, рудопроявления Уллу-Тау и Азау.

На территории Северной Осетии описаны месторождения ртути Тибское, Цесское, Мамисонское, Лагаткомское, Куатедонское, Зругское, Заккинское.

На территории Чеченской республики в верховьях реки Шаро-Аргун расположено Хуландойское месторождение.

В пределах республики Дагестан на юго-востоке республики выявлены три мелких месторождения ртути: Гапцахское, Казадикамское и Хпекское, а также 23 рудопроявления, объединенных в южный рудно-ртутный регион.

Выводы: Основная роль в распределении ртутного оруденения принадлежит региональным разломам, разграничивающим структурно-формационные зоны мелового и более позднего возраста, субширотным и северо-западным оперяющим их разрывам. Локализация рудных тел происходит в участках максимального дробления пород. Все рудопроявления сурьмы, ртути и мышьяка данного пояса являются эпитермальными, они связаны, по-видимому, с проявлением неоген-четвертичного вулканизма Большого Кавказа. Изучение большинства месторождений и рудопроявлений осложнено крайне трудной их доступностью (условия высокогорья).

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИГЕМ РАН «Развитие интегрированной информационной системы для пространственно-временного моделирования рудных объектов и рудообразующих процессов на основе ГИС технологий».

Литература

1. Лебедев П.И. Петрографо-металлогенический очерк Центрального Кавказа. В кн.: Природные ресурсы Кабардинской АССР. Москва- Ленинград: Изд-во Академии наук СССР. 1946. С. 128-156.
2. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. Северо-Кавказский федеральный округ. № 1. 2012. 112 с.

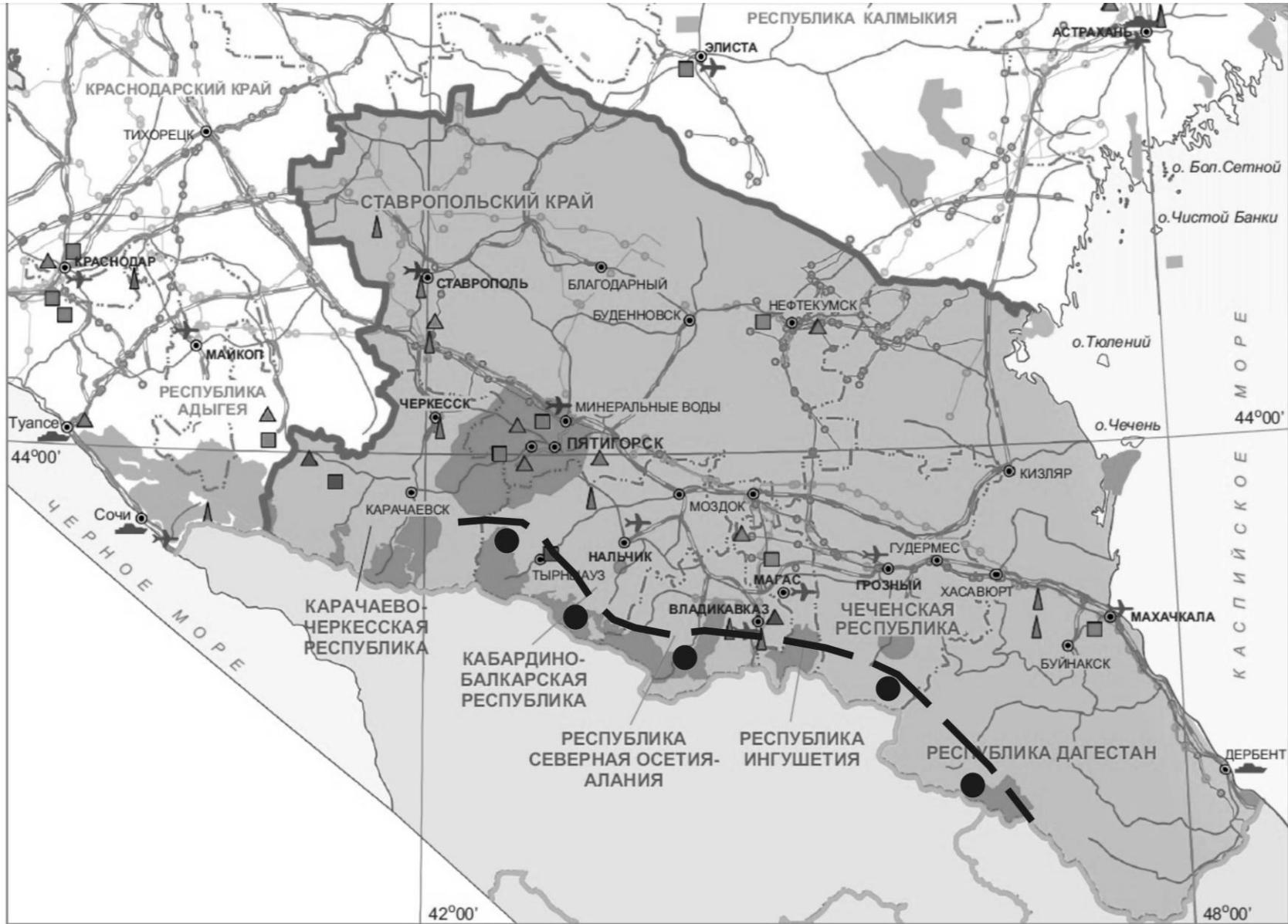


Рис. Сурьмяно-ртутно-реальгаровый пояс зоны Главного хребта. Кружками отмечены очаги локализации месторождений и рудопроявлений (на основе карты по данным [2])

Проекция поперечная Меркатора (эллипсоид Красовского), осевой меридиан 43°

ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД БРИКЕТНО-ЖЕЛТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕНИЯ

П.Э. Кайлачаков

ИГЕМ РАН, Москва

Для Российской Федерации рений один из самых дефицитных металлов. При этом ежегодная его потребность, по разным источникам, составляет 5-10 тонн [1]. Для удовлетворения нужд промышленности Россия вынуждена его импортировать. В связи с намечающимся подъемом авиационной и ракетно-космической промышленности в стране потребление рения должно существенно возрасти.

В ходе оценочных работ с 2013 по 2015 гг., проводимых ФГУП «ИМГРЭ» (с участием автора), было открыто и в 2016 году впервые в стране поставлено на баланс месторождение рения – гидрогенное полиметальное уран-молибден-рениевое Брикетно-Желтухинское месторождение в Рязанской области [2].

Рениевое оруденение на Брикетно-Желтухинском месторождении локализовано в каменноугольных палеорусловых песчаных отложениях бобриковского горизонта, залегающих на «известняковом фундаменте» и перекрытых более молодыми неоген-четвертичными песками и глинами мощностью 40-50 метров. Рудоносная толща представлена мелко-среднезернистыми кварцевыми песками, обогащенными органическим детритом и содержащими рассеянные скопления сульфидов. Весь разрез аллювиальных песчаных отложений характеризуется содержаниями Re > 0.01 г/т. Максимальные содержания Re зафиксированы в пропластках угля и глин (10-89 г/т). В песках содержания Re достигают 10-50 г/т [2,3].

Главным фактором локализации оруденения, по мнению А.А. Кременецкого и др. [3], является зона окисления, формирующая Se-U-Re-Mo зональность роллового типа. Наиболее богатая его часть расположена в зоне выклинивания замковой части ролла, с чем и связаны, по большей части, различия в геохимических ассоциациях для U и Re. Важными факторами являются наличие слабопроницаемой (алеврит-глинистой) «покрышки» неогеновых отложений и глинистых пород в кровле карбонатного фундамента обеспечивавших вертикальную локализацию зоны окисления в бобриковской толще.

Преобладающим минералом в пробах песков (>90 %) является кварц, сульфиды составляют (1-8) %, углистое вещество до 13 % [4]. Для отдельных участков характерны повышенные содержания гидроксидов железа и окисленных сульфидов только в верхней части бобриковского горизонта или всей его мощности (тогда их содержания максимальны в нижней части данного горизонта).

Таким образом, можно сказать, что рудовмещающими породами для руд U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения являются

сероцветные и темноцветные пески, алевролиты и реже глины. К факторам, контролирующим повышенные содержания рения в терригенной толще можно отнести наличие скопления углеродистого вещества и сульфидов, а также окремнение, тяготеющее к надрудному горизонту. Выявлена рениевая минерализация в подстилающих карбонатных толщах, которая также может представлять промышленный интерес [5].

В докладе приведены результаты исследований акцессорных и рудных минералов песков с использованием разделения минералов физическими методами, электронной микроскопии и рентгено-спектрального микроанализа.

Литература

1. Спиридонов И.Г., Килипко В.А., Левченко Е.Н., Ключарев Д.С. Основные задачи геохимического картирования и поиски новых источников нетрадиционного редкометалльного сырья // М.: Разведка и охрана недр, 2016. №9-2016. С. 115-122.

2. Карась С.А., Культин Ю.В., Кременецкий А.А., Орлов С.Ю., Шлычкова Т.Б., Кайлачаков П.Э. Новый геолого-промышленный тип гидрогенных рениевых месторождений: геологическое строение и технология подземного выщелачивания // Труды межд. конф. «Рений, вольфрам, молибден-2016. Научные исследования, технологические разработки, промышленное применение». М.: Гинцветмет, 2016. С. 78-82.

3. Кременецкий А.А., Лулева Н.В., Куликова И.М. Бельское Re-Mo-U месторождение: минералого-геохимические особенности, условия формирования, технология извлечения рения // М.: Разведка и охрана недр, 2011. № 6. С. 33-40.

4. Енгальчев С.Ю., Пуговкин А.А., Лебедева Г.Б., Геолого-структурные критерии локализации уран-молибден-рениевого оруденения в восточной части Подмосковского бассейна // Региональная геология и металлогения, 2015, с. 97-104.

5. Культин Ю.В., Новгородцев А.А., Фоменко А.Е., Васюта О.Н., Алтунин О.В. Оценка возможности разработки комплексного уран-молибден-рениевого месторождения способом подземного выщелачивания // М.: Горный журнал, 2007. № 6. С. 19.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД МЕТОДАМИ ПЛАЗМЕННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

С.Д. Ковалевская, Н.В. Зарубина

ДВГИ ДВО РАН, Владивосток

Истощение разрабатываемых природных месторождений требует вовлечения в переработку новых источников ценных элементов, необходимых для инновационного развития многих отраслей промышленности.

Углеродистые породы (угли, графитизированные черные сланцы), являются источником ценных (Ge, U, Ga, Pb, Zn, Mo, Ag, Re, Ta, Nb, Zr, Au, REE, PGE) и потенциально ценных элементов (V, Cr, Ni, W).

В настоящее время возрос интерес геологов и геохимиков к изучению графитов, графитизированных пород и связанных с ними микровключений, обогащенных редкими и рассеянными элементами, в том числе благородными (Au + ЭПГ) и редкоземельными. Установлено, что углерод активно участвует в процессе рудообразования.

Но данные по содержанию элементов в графитизированных породах приведены в незначительном числе работ, и они, в большей степени, посвящены определению только благородных металлов. [1-5]. В работе [6] приведены данные по редким и рассеянным элементам, однако для их определения был использован рентгено-флуоресцентный метод, не всегда удовлетворяющий требуемой чувствительности.

Методы атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС) и метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) являются ведущими для определения большинства элементов периодической системы Менделеева в широком динамическом диапазоне концентраций.

Необходимым условием правильности анализа таких образований является полное разложение углеродистой матрицы без потерь, что сопряжено с определёнными трудностями пробоподготовки, во-первых, из-за стойкости металлуглеродных связей к разрушению; во-вторых, из-за образования легколетучих соединений искоемых элементов при термической обработке и сорбции их на углеродистых частицах.

В настоящей работе предложена методика анализа углеродистых пород, основанная на использовании кислотного разложения с применением фтористоводородной, азотной и хлорной кислот на первом этапе разложения, доплавлении нерастворимого остатка с метаборатом лития. При этом происходит полное разложение углеродистой матрицы без потерь элементов. Все используемые реактивы – аналитического качества («Suprapur»).

Полученные растворы анализировались методами ИСП-АЭС (iCAP 7600 Duo, Thermo Scientific, США) и ИСП-МС (Agilent 7700x, Agilent Technologies, Япония) Погрешность определения содержания микроэлементов не превышала 10-15%, макроэлементов – 1-3%.

Для исследования были взяты образцы углеродистых графитосодержащих сланцев с Тункинских гольцов Восточного Саяна (06-97-4 и 06-97-Б) и с Богдановского участка Ленинградской области (W6709).

Для оценки и контроля точности результатов анализа валового состава наряду с исследуемыми пробами анализировались стандартные образцы состава горных пород. Контроль стабильности результатов измерений осуществляли по ГОСТ Р ИСО 5725-6, раздел 6.

Описанная методика подготовки проб и инструментальные возможности методов ИСП-АЭС и ИСП-МС позволили выполнить определение содержания элементов в широком концентрационном интервале до $n \cdot 10^{-2}$ г/т (табл. 1).

Результаты микроэлементного анализа

Элемент	06-97-4						06-97-Б						W6709					
	кисл.	Доплав	вал	S	Δ	Найдено X	кисл.	Доплав	вал	S	Δ	Найдено X	кисл.	Доплав	вал	S	Δ	Найдено X
Be	1,12	1,83	2,95	0,14	0,36	2,95±0,36	0,92	1,17	2,09	0,18	0,45	2,09±0,45	1,22	0,02	1,23	0,05	0,12	1,23±0,12
Sc	24,40	0,48	24,88	0,23	0,56	24,88±0,56	20,37	0,30	20,67	0,24	0,59	20,67±0,59	4,77	0,17	4,93	0,18	0,44	4,93±0,44
Ge	1,86		1,86	0,22	0,54	1,86±0,54	3,07		3,07	0,09	0,23	3,07±0,23	1,45		1,45	0,09	0,22	1,45±0,22
Rb	119,89	0,20	120,09	1,11	2,76	120,09±2,76	157,08	0,05	157,13	8,32	20,65	157,13±20,65	52,06	0,07	52,10	0,77	1,92	52,1±1,92
Sr	170,07		170,07	2,14	5,32	170,07±5,32	54,86		54,86	5,11	12,69	54,86±12,69	176,21		176,21	1,33	3,29	176,21±3,29
Y	10,46	0,71	11,17	0,22	0,54	11,17±0,54	9,70	3,32	13,03	0,81	2,01	13,03±2,01	13,93	3,63	17,56	0,29	0,71	17,56±0,71
Zr	17,30	68,32	85,62	3,68	9,14	85,62±9,14	11,16	91,67	102,83	6,97	17,30	102,83±17,3	9,89	49,54	59,43	4,31	10,69	59,43±10,69
Nb	9,57	2,28	11,84	0,15	0,38	11,84±0,38	5,48	3,71	9,20	0,50	1,25	9,2±1,25	3,42	2,85	6,27	0,89	2,20	6,27±2,2
Mo	2,62	0,20	2,82	0,13	0,32	2,82±0,32	5,19	0,25	5,44	0,87	2,15	5,44±2,15	26,17	0,78	26,96	0,18	0,46	26,96±0,46
Cd	0,04	0,03	0,07	0,01	0,04	0,07±0,04	0,08	0,05	0,13	0,03	0,08	0,13±0,08	0,99	0,02	1,00	0,05	0,13	1±0,13
Sn	2,21	0,78	2,73	0,52	1,28	2,73±1,28	1,78	0,38	2,16	0,38	0,95	2,16±0,95	1,21	0,50	1,71	0,38	0,93	1,71±0,93
Sb	0,06		0,06	0,02	0,04	0,06±0,04	0,07		0,07	0,01	0,04	0,07±0,04	76,60		76,60	3,60	8,95	76,6±8,95
Cs	3,87	0,02	3,89	0,05	0,12	3,89±0,12	6,91	0,00	6,91	0,43	1,06	6,91±1,06	6,12	0,00	6,12	0,23	0,58	6,12±0,58
La	39,20	5,61	44,81	1,81	4,48	44,81±4,48	21,03	0,20	21,23	1,92	4,76	21,23±4,76	13,17	4,32	17,49	4,46	11,06	17,49±11,06
Ce	77,98	9,45	87,42	2,53	6,27	87,42±6,27	40,02	0,36	40,38	3,53	8,75	40,38±8,75	23,71	6,68	30,39	7,24	17,98	30,39±17,98
Pr	8,14	1,12	9,27	0,47	1,18	9,27±1,18	4,57	0,04	4,62	0,45	1,12	4,62±1,12	3,34	0,90	4,23	0,97	2,41	4,23±2,41
Nd	30,19	4,15	34,34	1,54	3,82	34,34±3,82	17,54	0,21	17,75	1,42	3,53	17,75±3,53	13,99	3,11	17,11	3,31	8,22	17,11±8,22
Sm	5,20	0,64	5,84	0,18	0,44	5,84±0,44	3,04	0,05	3,09	0,28	0,68	3,09±0,68	2,83	0,49	3,31	0,48	1,20	3,31±1,2
Eu	1,20	0,14	1,34	0,04	0,09	1,34±0,09	0,74	0,03	0,77	0,02	0,04	0,77±0,04	0,73	0,11	0,84	0,08	0,19	0,84±0,19
Gd	3,69	0,51	4,19	0,10	0,26	4,19±0,26	2,28	0,15	2,43	0,10	0,24	2,43±0,24	2,99	0,51	3,49	0,41	1,03	3,49±1,03
Tb	0,53	0,07	0,60	0,02	0,06	0,6±0,06	0,37	0,04	0,41	0,04	0,10	0,41±0,1	0,45	0,09	0,54	0,02	0,06	0,54±0,06
Dy	2,56	0,21	2,77	0,02	0,04	2,77±0,04	2,02	0,40	2,42	0,30	0,74	2,42±0,74	2,51	0,58	3,10	0,06	0,15	3,1±0,15
Ho	0,50	0,05	0,54	0,02	0,04	0,54±0,04	0,42	0,12	0,54	0,03	0,08	0,54±0,08	0,55	0,13	0,67	0,01	0,04	0,67±0,04
Er	1,38	0,11	1,49	0,05	0,11	1,49±0,11	1,32	0,46	1,78	0,10	0,25	1,78±0,25	1,60	0,39	1,98	0,01	0,03	1,98±0,03
Tm	0,19	0,03	0,22	0,01	0,02	0,22±0,02	0,22	0,09	0,30	0,02	0,05	0,3±0,05	0,23	0,07	0,29	0,00	0,01	0,29±0,01
Yb	1,25	0,15	1,40	0,02	0,04	1,4±0,04	1,78	0,59	2,37	0,16	0,40	2,37±0,4	1,68	0,46	2,14	0,10	0,26	2,14±0,26
Lu	0,15	0,04	0,19	0,01	0,03	0,19±0,03	0,26	0,10	0,36	0,03	0,08	0,36±0,08	0,26	0,08	0,34	0,02	0,06	0,34±0,06
Hf	0,54	1,92	2,46	0,12	0,31	2,46±0,31	0,33	2,48	2,81	0,26	0,65	2,81±0,65	0,30	1,28	1,58	0,11	0,28	1,58±0,28
Ta	0,54	0,23	0,78	0,04	0,11	0,78±0,11	0,39	0,28	0,67	0,05	0,13	0,67±0,13	0,25	0,22	0,47	0,08	0,20	0,47±0,2
W	2,64	0,39	3,03	0,12	0,29	3,03±0,29	5,36	0,38	5,74	0,71	1,77	5,74±1,77	34,03	1,34	35,37	1,59	3,94	35,37±3,94
Tl	0,28		0,28	0,01	0,03	0,28±0,03	0,45		0,45	0,03	0,07	0,45±0,07	0,76		0,76	0,02	0,05	0,76±0,05
Pb	17,22	0,41	17,50	0,50	1,24	17,5±1,24	8,49	0,33	8,71	0,95	2,35	8,71±2,35	21,23	0,28	21,42	5,03	12,48	21,42±12,48
Th	14,55	1,25	15,81	0,60	1,50	15,81±1,5	12,91	0,13	13,04	1,05	2,60	13,04±2,6	6,68	0,30	6,98	0,39	0,98	6,98±0,98
U	1,11	0,22	1,34	0,08	0,20	1,34±0,2	0,59	0,14	0,73	0,03	0,08	0,73±0,08	5,14	0,46	5,59	0,32	0,78	5,59±0,78

Литература

1. А.И.Ханчук, Л.П.Плюснина, В.П.Молчанов, Е.И.Медведев. Благородные металлы в высокоуглеродистых метаморфических породах Ханкайского террейна, Приморье. – Тихоокеанская геология. 2007. т. 26, №1. с. 70-80.
2. А.И.Ханчук, Г.Г.Лихойдов, В.Н.Митькин. Благородные металлы в графитизированных породах ханкайского террейна (приморье) по результатам анализа на основе окислительного фторидного разложения. ДАН. 2008. т. 422, №2 с. 239-243.
3. Н.В.Бердников, Н.С.Коновалова, В.Е.Зазулина. Исследование включений благородных металлов в высокоуглеродистых породах методом РЭМ-РСМА. – Тихоокеанская геология. 2010. т.29, №2. с. 90-96.
4. Г.М.Варшал, Т.К.Велюханова, И.Я.Кощеева и др. Комплексообразование как причина концентрирования платиновых металлов углеродистым веществом пород и потерь этих металлов в аналитических операциях. Геология и генезис месторождений платиновых металлов. М.: Наука, 1994. С. 277-286.
5. А.А.Черепанов, Н.В.Бердников, В.В.Гайдашев. Влияние различных методов пробоподготовки на результаты анализа содержаний благородных металлов в углеродистых породах Буреинского массива (Дальний Восток России). Тихоокеанская геология. 2015. т. 34, № 4. с. 79-85.
6. А.И.Ханчук, Л.П.Плюснина, В.П.Молчанов, Е.И.Медведев. Углеродизация и геохимическая специализация графитоносных пород северной части Ханкайского террейна, Приморье. Геохимия. 2010. №2. с 115-125.

ОСОБЕННОСТИ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ОЗЕРНОЕ И ЛАГЕРНОЕ КУОЛАЯРВИНСКОЙ СТРУКТУРЫ (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)

А.В. Коваль

АО «Северо-Западное ПГО», Санкт-Петербург

Куолаярвинская зона – одна из перспективных в Республике Карелия в отношении поисков, оценки и возможной промышленной добычи золота и урана. На ее территории выявлены месторождение золота Майское и ряд золото-урановых рудопроявлений, среди которых наибольший интерес представляют Озерное и Лагерное.

Куолаярвинский прогиб, сложенный нижнепротерозойскими породами, находится к западу от Кандалакшского залива Белого моря в поле развития архейских гранито-гнейсовых образований. В тектоническом строении Пана-Куолаярвинского прогиба устанавливается два структурных этажа. Нижний – архейский саамолонийский, представленный ультраметаморфитами, гранито-гнейсами и гранитами и верхний – нижнепротерозойский сложенный дислоцированными осадочно-вулканогенными породами карельского комплекса. Выделяются три системы разломов: меридиональная, субширотная, проявленная южнее в Панаярвинской ветви и наиболее

поздняя северо-восточная. В стратиграфическом отношении зона характеризуется наиболее полными и мощными разрезами карельского комплекса. Сумийско-сариолийские толщи развиты в широтной Панаярвинской ветви, а в меридиональной Куолаярвинской ветви распространены ятулийские и людиковийские образования.

Ранее [1] нами установлено, что на участках Озерное и Лагерное представлены различные метасоматиты, отличающиеся минеральным составом и структурно-текстурными особенностями, в частности [2] гидротермально-метасоматические образования участка Озерное относятся к аподиабазовым метасоматитам, а участка Лагерное к апосланцевым.

Среди изученных рудных образцов выделяются вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды в щелочно-карбонатных метасоматитах.

В общей последовательности образования этих минералов нами выделяется шесть парагенезисов: породный, урановорудный, сульфидный, селендино-теллуридный, низкотемпературный и гипергенный. Каждый из них отвечает определенному этапу развития Куолаярвинской структуры.

В состав породного парагенезиса входят рудные минералы, характеризующие первичную породу: это магнетит и ильменит. За первичную породу в данном случае мы принимаем образования, не подвергшиеся гидротермально-метасоматической проработке. Распространены они как в апосланцевых метасоматитах, так и в аподиабазовых. Важно отметить, что магнетит и ильменит аподиабазовых метасоматитов сингенетичен образованию породы, а для апосланцевых это привнесённый материал из ранних предположительно сумийско-сариолийских метаосновных массивов.

Возникновение минералов урановорудного парагенезиса обусловлено привнесением уранового вещества гидротермально-метасоматическими процессами, а также активизацией урановой составляющей в первичной породе в результате этих же процессов. Урановый парагенезис представлен: давидитом, браннеритом, уранинитом, рутилом-1, и галенитом-1. Минералы этого парагенезиса в большей степени представлены в апосланцевых метасоматитах, это объясняется тем, что осадочная протолитная порода была обогащена ураном, который в результате эпигенетических процессов трансформирован в браннерит и давидит.

Наличие уранинита в апосланцевых и аподиабазовых метасоматитах, по нашему мнению, свидетельствует о стадии привноса урана гидротермальными растворами, а отсутствие браннерита и давидита в аподиабазовых говорит об отсутствии урановых фаз в первичной породе этих метасоматитов в отличие от апосланцевых.

Возникновение сульфидного парагенезиса, обусловлено продолжением процессов гидротермально-метасоматической

проработки. Представлен он: пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом-2, буланжеритом и молибденитом.

Эти минералы в разной степени представлены в апосланцевых и аподиабазовых метасоматитах, что объясняется различным составом протопороды. Вулканические образования имеют в своем составе больше серы, чем осадочные, отсюда, по нашему мнению и более высокая степень развития сульфидов в аподиабазовых метасоматитах.

Из результатов анализа видно, что для всех молибденитов характерно очень высокое содержание примеси селена: от 2 до 15 масс. %. Наиболее высокое содержание селена в чешуйках молибденита тяготеет к внешней части зерен. Это объясняется тем, что при кристаллизации последних выделений молибденита концентрация серы в растворе была низкой и молибденит «использовал» близкий по ионному радиусу селен.

Возникновение селенидно-теллуридного парагенезиса обусловлено снижением температуры гидротермального раствора и как следствие кристаллизация таких минералов, как: мелонит, алтаит, клаусталит и золото. Важно заметить, что все минералы парагенезиса характерны только для аподиабазовых метасоматитов. В апосланцевых развитие этого парагенетического ряда не проявлено не только из-за различия протолита породы, но и, возможно, из-за нахождения самого участка Лагерное на периферии главной зоны разломов, где гидротермально-метасоматическое воздействие могло быть проявлено в меньшей степени.

Самородное золото – последний член этого парагенетического ряда. Представлено оно аллотриоморно-зернистыми агрегатами размером до 5-7 мкм.

По химическому составу золото высокопробное, среднее содержание серебра достигает 8.6 масс. %, а среднее содержание золота 91.4 масс. %.

Низкотемпературный парагенезис развит в апосланцевых метасоматитах много шире, чем в аподиабазовых. В его состав входят: шерветит, карнотит, коффинит, рутил-2, гематит и куприт, образование которых, по всей видимости, связано с наиболее поздней активизацией Куолаярвинской структуры, о чем говорит расположение выделений этих минералов в наиболее поздних трещинках, пустотах, порах.

Шерветит и карнотит – минералы-ванадаты, характерны только для апосланцевых метасоматитов, их появление обусловлено наличием на участке Лагерное черносланцевой толщи, которая являлась «губкой», формируя повышенные концентрации ванадия, образовавшие впоследствии собственные фазы. Гематит и рутил-2 распространены в виде продукта распада ильменита.

Таким образом, в общей последовательности образования рудных минералов установлено шесть парагенезисов: породный, урановый, сульфидный, селенидно-теллуридный, низкотемпературный и

гипергенный; благороднометальная минерализация связана с четвертым, а урановая со вторым и пятым из них. Несмотря на схожесть конечных продуктов щелочно-карбонатного метасоматоза, рудная минерализация на участках Озерное и Лагерное отличается, она напрямую зависит от состава пород субстрата. Рудопроявление Лагерное перспективно на урановорудную минерализацию, а Озерное на благороднометальную.

Литература

1. Коваль А.В., Полеховский Ю.С. Типизация щелочно-карбонатных метасоматитов рудопроявлений Озерное и Лагерное Куоляярвинской зоны Северной Карелии. Материалы XXVI конференции памяти К.О. Кратца, 2015 г. Петрозаводск, с.96-99.

2. Коваль А.В., Полеховский Ю.С. Петрографические и петрохимические особенности вмещающих пород рудопроявлений Озерное и Лагерное Куоляярвинской зоны Северной Карелии. Труды XIII Всероссийской Ферсмановской научной сессии, 2016 г. Апатиты, с. 187-190.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ)

С.В. Ковригина, В.А. Петров, А.Н. Платэ

ИГЕМ РАН, Москва

Информационной моделью называют целенаправленное формализованное отображение существующего объекта или системы объектов с помощью совокупности взаимосвязанных, идентифицируемых, информативно определяемых параметров, отображающих наиболее существенные свойства, связи и отношения объекта [1].

Последовательность построения информационной модели рудоносности территории представлена в виде следующего алгоритма (рис 1).

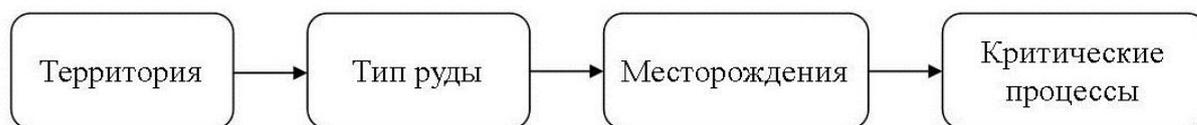


Рис. 1. Алгоритм информационной модели

Выбор локальной области исследования – первый шаг в построении модели. В основе решения лежат следующие виды районирования: административные и государственные границы, металлогенические мегапровинции, тектонические структуры,

структурно-формационная зональность, номенклатура государственных карт и др.

Второй шаг – выбор типа или группы руд, третий шаг – отбор представительных и наиболее изученных месторождений территории.

Заключительный шаг – выделение критических процессов, представляющих совокупность эмпирических факторов, характеризующих локализацию оруденения [2].

Непосредственную работу с материалами (полевыми, литературными и фондовыми) можно представить в виде иерархической древовидной диаграммы (например, интеллект-карта) (рис. 2) для конкретного месторождения. На диаграмме необходимо разделять следующие ветви по однозначности их трактовки: информационная (названия, размеры и т.п.), статистическая (геохимические и геофизические данные), описательная (состав, строение) и теоретическая (процессы взаимодействия вещества). Компилируемая информация авторитетных источников при переходе от первого пункта к последнему должна набирать варибельность. На первой стадии необходимо охватить как можно больше точек зрения по рассматриваемой территории, не отдавая предпочтения какой-то одной концепции образования месторождения и интерпретации эмпирических наблюдений.

Полученное общее конспективное описание месторождения дает исследователю широкое систематическое представление об изученности месторождений и сопоставляет альтернативные концепции генезиса руд.

Переход к критическим (наиболее важным с точки зрения рудогенеза) процессам производится неполными индукционными выводами из трех последних ветвей по однозначности их трактовки. Целью данного шага является подбор репрезентативных факторов (с максимальным снижением субъективности взгляда исследователя), которые в своей совокупности образуют объекты критических процессов. Также необходимо учитывать их возможное последующее ранжирование и картирование [2].

На территории Восточного Забайкалья нами были рассмотрены следующие варианты основы для районирования и построения пространственной информационной модели металлогении территории:

- Административные границы Забайкальского края;
- Якутско-Забайкальская мегапровинция (U);
- Монголо-Забайкальская складчатая область;
- Селенгино-Становая складчатая область и Амурская складчатая область;
- Листы карты N-50, N-49, M-50, M-49.

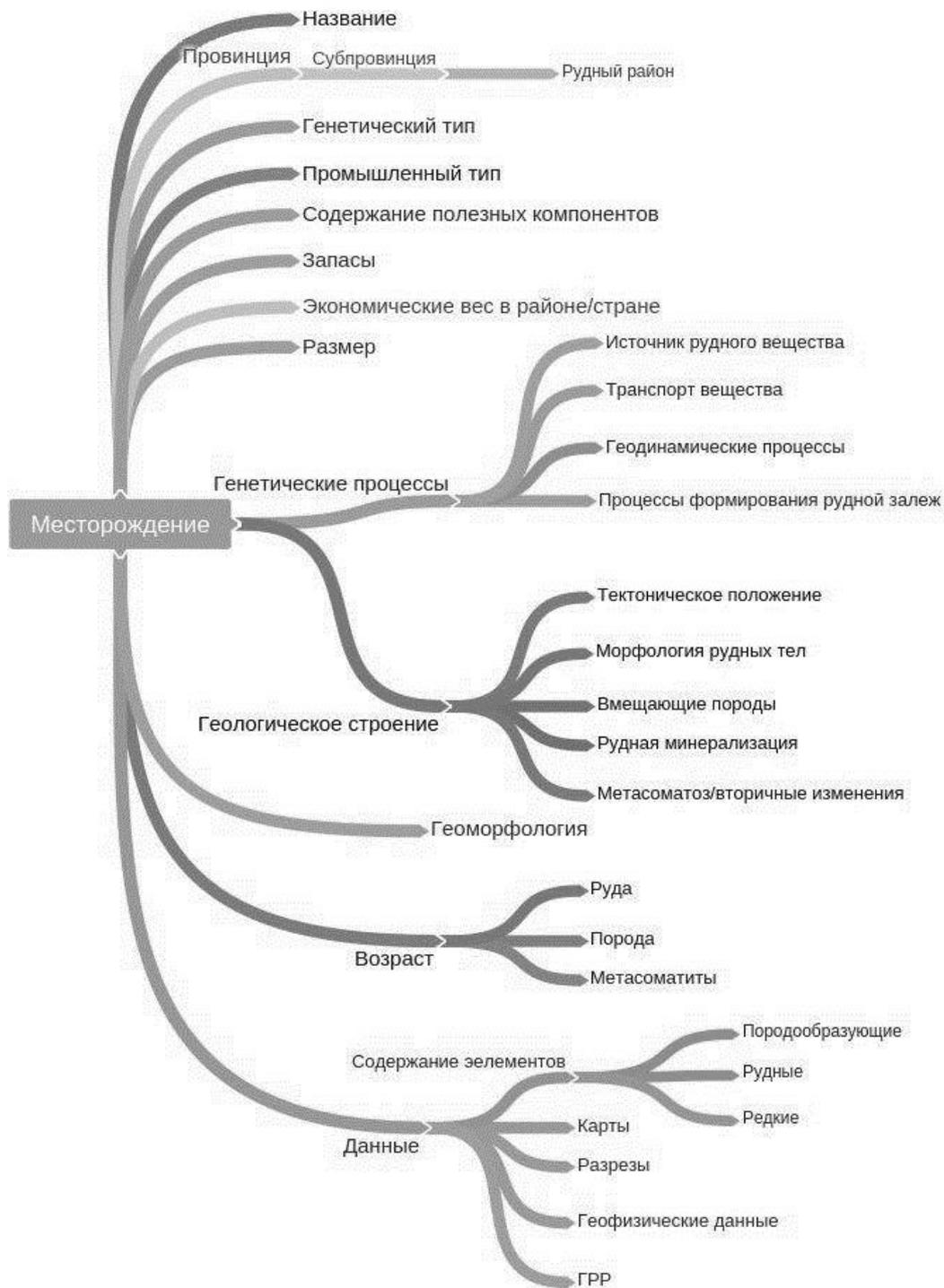


Рис. 2. Интеллект-карта для сортировки и каталогизации материалов

Из-за большого количества полезных ископаемых на территории Восточного Забайкалья на первой стадии мы остановились на листе М-50 (Борзя) государственной карты масштаба 1:1000000 со следующим списком месторождений для рассмотрения: Антей, Стрельцовское, Дальнее, Балейское, Быстринское, Ново-Широкинское, Шахтаминское, Бугдаинское, Этыкинское, Орловское, Шерловогорское, Кличкинское. Подробное описание каждого месторождения представляет архив данных, включающий в себя словесное описание в матричной форме, таблицы результатов геохимических анализов и электронный каталог использованной литературы.

Пространственная информационная модель металлогении территории может рассматриваться в качестве практического инструмента как исследовательских, так и прогнозно-поисковых работ. Ее описательная сторона может использоваться в исследовании совместно с кадастровыми карточками месторождений. Теоретическая часть при ее подтверждении данными полевых работ может являться основанием для развития новых исследовательских направлений.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИГЕМ РАН «Развитие интегрированной информационной системы для пространственно-временного моделирования рудных объектов и рудообразующих процессов на основе ГИС технологий».

Литература

1. Livet P., Muller J.-P., Phan D., Sanders L. Ontology, a Mediator for Agent-Based Modeling in Social Science // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2010. 13(1). 3.

2. Kreuzer O.P., Markwitz V., Porwal A.K., McCuaig T.C. A continent-wide study of Australia's uranium potential. Part I: GIS-assisted manual prospectivity analysis // Ore Geology Reviews. Vol. 38. No 4. P. 334-366.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ СО СКРЫТЫМИ ЭНДОГЕННЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ УРАНА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-САЯНСКОГО РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПРОЯВЛЕННОСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ГЛУБИННОГО ПРОГНОЗА КРУПНЫХ УРАНОВОРУДНЫХ РАЙОНОВ И УЗЛОВ

В.А. Коноплев, А.В. Петров, Н.А. Гребенкин

ФГБУ «ВИМС», Москва

Центрально-Алданский рудный район с крупными запасами U, Au, Mo, Ag, P, ΣTR_2O_3 , Ni-Co-Cu-U месторождения типа «несогласия» в рудном поясе Волластон во впадине Атабаска расположены на щитах платформ, Стрельцовский Mo-U рудный узел в подвижной складчатой области, в геоблоках, преобразованных процессами разновозрастных тектоно-магматических активизаций. Несмотря на существенные различия в геологической истории геоблоков и рудно-формационные типы гидротермальных месторождений, все эти рудные районы и узлы контролируются областью влияния рудогенерирующих систем, прослеживающихся из мантии или корово-мантийного слоя, совмещенных с центрами магматической деятельности, неоднократно активизировавшихся с AR-PR₁ по PZ-MZ или функционировавших относительно короткий период (к примеру в MZ).

Данный универсальный критерий глубинного прогноза рудных

районов и скрытых месторождений выявляется при объемном моделировании по исходному гравитационному полю и его локальной компоненте и картируется в объеме недр по относительным гравитационным минимумам, прослеживаемым из мантийного или корово-мантийного слоя, в приповерхностную часть разреза коры, в структуры разгрузки, в области которых концентрируются интрузивные массивы, дайки и эффузивы, проявлены интенсивные гидротермально-метасоматические преобразования пород и имеются признаки эндогенного рудообразования. Последние маркируются концентрацией рудопроявлений и месторождений различных твердых полезных ископаемых, набор которых отвечает уровню среза единой вертикальной геохимической зональности гидротермальных месторождений.

Основным методом выделения в объеме недр потенциально рудоконцентрирующих эндогенных систем является объемное картирование, а инструментом – пространственное моделирование. Объемные модели строятся по исходному гравитационному полю и его локальной компоненте с применением компьютерной технологии «КОСКАД 3D». Оценка перспектив выявления рудных таксонов, выделенных при объемном моделировании, осуществляется на основе анализа карт полезных ископаемых и на результатах переинтерпретации, с применением современных компьютерных технологий фондовых и архивных геохимических и геолого-геофизических материалов.

На площади листа N-47, охватывающей структуры чехла, фундамента Сибирской платформы и Алтае-Саянской складчатой области, только в пределах последней при объемном моделировании выделяются геоблоки, отвечающие унифицированному критерию глубинного прогноза и в пределах которых можно ожидать выявление новых рудных районов со скрытыми эндогенными месторождениями. Это Дербинский блок-антиклинорий с проявлениями золота, представляющий собой выступ дорифейского фундамента в структуре Алтае-Саянских салаирид. Но, главным образом, полукольцевая зона глубинных относительных гравитационных минимумов в Алтае-Саянской складчатой области, расположенная в пределах Шутхулайской, Окинской, Гарганской глыб AR-PR₁ гранитизированного фундамента, Ухтумской, Окинской и Гарганской антиклинорных зон с многочисленными месторождениями золота, проявлениями различных металлов, характерных для мантийных очагов (Ni, Co, Bi, Ti и др.) и недоизученным Баженским As-Ni-Co-U проявлением в пределах Шутхулайской глыбы с обломками урановорудных брекчий, по типам рудосопровождающих метасоматических преобразований, вещественному составу руд и их возрасту аналогичных месторождениям несогласия Сигар-Лейк, Мак-Артур, Ки-Лейк, Мидуэст-Лейк в рудном поясе Волластон во впадине Атабаска.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЙ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ТАШТЫПСКАЯ ПЛОЩАДЬ)

О.А. Кренида

НИ ТГУ, Томск

Таштыпская площадь в административном плане располагается в пределах Республики Хакасия, занимая части Аскизского и Таштыпского районов и частично захватывая восточную часть Кемеровской области. В географическом отношении территория представлен областью сочленения трёх крупных орографических структур – Кузнецкого Алатау (Абаканский хребет), юго-западного окончания Южно-Минусинского прогиба и отрогов хребтов Западного Саяна.

Около 60 % площади занимают осадочные и вулканогенные отложения девона Южно-Минусинской котловины. Породы характеризуются различной геохимической специализацией, выражающейся в разной степени накопления ассоциаций химических элементов. Для отражения специфики пород данного осадочного бассейна кларки концентраций (Кк) химических элементов, рассчитанные относительно кларков земной коры [2], распределены по уровням (рисунок). Выделяется два уровня содержания химических элементов – обогащение (накопление) и обеднение (дефицит). Оценка привноса и выноса элементов и их ассоциаций в геологическую среду важна для установления источников вещества, генезиса рудных месторождений и масштабов перераспределения вещества при рудообразовании [1].

На рисунке показана геохимическая специализация геологических образований в разрезе земной коры девонской системы Таштыпской площади. Вулканогенные и осадочно-вулканогенные отложения тарланской, каменной и ойской свит, слагающие Балыксинский грабен, характеризуются надкларковыми содержаниями редкоземельных элементов (кларки концентраций в пределах 1,3 – 2,0), а также незначительными превышениями концентраций радиоактивных и группы литофильных элементов – Y, Zr, Nb, Be, при дефицитном содержании большинства халькофилов. В терригенных отложениях нижнего девона также в избытке литофильные элементы другой группы – V, Cr, Mn, La, Ce. Вулканогенно-осадочные породы чиланской и большесырской свит, являющихся фациальными аналогами, отражают специфику как магматического расплава, имея повышенные содержания редкоземельных и радиоактивных элементов, так и терригенных образований с надкларковыми содержаниями Zr, Nb, Li, Be (кларк концентрации 1,4-3,3). Отмечается резкое возрастание содержания бария, при низких содержаниях некоторых рассеянных элементов (Ga, Ge), а также группы литофилов

– Li, V, Ti, Sr, Cr, W, Rb, Mn, Co с кларками концентраций 0,5-0,7.

Система Отдел	Колонка	Концентрации элементов	
		Избыточные элементы	Дефицитные элементы
ВЕРХНИЙ		Sb,La(2.1), V(1.8), Cr(1.6), Sr,Ce,Pr,Nd(1.5), Mn,Gd(1.4), Eu(1.3)	Cu,Sn,Er(0.8), Li,Ti,Co,Zn, Zr,Nb,Ho,Yb,Th(0.7), Ni,Ga,Hf,Pb(0.6), Tb,W,U(0.5)
		Sb(2.8), V(2.2), La(2.0), Cr(1.7), Ce(1.6), Pr(1.4), Nd(1.3)	Ga(0.8), Ni,Sr,Er,U(0.7), Be,Ti, Zr,Nb,Ho,Yb,Hf,Th(0.6), Cu,Tb, W,Bi(0.5)
		Sb(3.0),V(2.5),La(1.8), Ba(1.7), Cr,Ce(1.5), Pr,Nd(1.4), Eu(1.3)	Be,Co,Ni,Cu,Er,Bi,Th(0.7),Ti,Rb, Sr,Zr,Nb,Ho,Yb,Hf,W(0.6),Tb,U(0.5)
СРЕДНИЙ		Ba(7.5), Nb(5.6), Ce(4.0), La(3.5), Nd(3.2), Pr,Ho(2.9), Cs(2.7), Sm(2.4), Y(2.3), Sc,Sb, Yb(2.1), Zr,Er,Tm(2.0), Mn, Lu(1.9), Gd(1.8), Cr(1.5), Eu, Co(1.4), Ti,Ta(1.3)	Li,V,Cu(0.7), Ge,Mo,Pb(0.6), Ni,Rb,Bi,U(0.5)
		Ba(2.4), Nb(2.1), Sb(1.7), Zr,La,Ce(1.3)	Be,Cr,Mn,Ta,Pb,Th(0.8), Co,Zn,Lu(0.7), Fe,Ga,Sr(0.6), W(0.5)
		недостаточно данных	
КАК		Sb(7.1), Ba(4.0), V(2.4), Mn(1.6), Cr(1.4), La(1.3)	Y,Sm,Dy(0.8), Sr,Sn(0.7), Be,Ti,Zr(0.6), Li,Fe,Ni,Nb,Er,Hf,Pb,U(0.5)
		Sb(2.1), Li(1.7), Zr,Pr,Er(1.5), Be,Dy,Hf(1.4), Yb(1.3)	Zn,Sn,Nd,Gd(0.8), Ti,Fe,Mo,Ba,La, Ta(0.7), Sc,Ga,Lu,Th(0.6), Ge,Sr,W(0.5)
		Co(8.1),Ba(7.1),Cu(6.5),V(3.9), Nb(3.7),Cs(3.0),Sc(2.5),Sb(2.2), Mn(1.7),Ce,Ho(1.6),Ti,Fe,Zr, Sn(1.5),Ni,Nd(1.3)	Eu(0.8), Zn(0.7), Th,U(0.6), Ga,Rb,W(0.5)
О		Sb(3.8), Cr(2.7), V(2.6), Sr(1.9), Sc,La(1.4), Mn,Co,Eu(1.3)	Li,Ti(0.8), Fe,Sn(0.7), Zr,Er(0.6), Nb,Ho,Yb,Hf,W,Pb,Bi,U(0.5)
		Sr(4.5), Sb(4.0), V,Cr(2.4), Sc(1.8), Co(1.4), Li,Eu(1.3)	Ti,Fe,Ni(0.8), Mn(0.7), Cu,Ga,Zr,Ba, Er,Pb(0.6), Nb,Sn,Ho,Yb,Hf,U(0.5)
		Pr,Hf(1.7), Tm,U(1.5), Be,Zr,Nb,Yb(1.4), Ba,Ce,Sm,Dy,Er(1.3)	Co,Sn,Lu,Ta(0.8), Li,V,Fe,Ga(0.7), Sc,Ti,Sr(0.6), Cr,Ge,Cs,U(0.5)
В		Be(2.1), Nb(1.8), Mo(1.6), Tm,Hf(1.5), Sc,Zr,Pr,Yb,U(1.4), Dy(1.3)	Cs(0.8), V,Sr,Sn,Sb,Lu(0.7), Mn,Cu,Pb(0.6), Ga,Ge,Rb,Bi(0.5)
		Zr,Nb(1.7), Be,Pr,Dy,Hf(1.6), Er,Tm,Yb(1.5), Ce,Nd,Sm,Eu,Tb(1.3)	Lu,Ta,Th(0.8), Sr,Sn,Ba(0.6), Cr,W(0.5)
		Be(3.1), Pr,Tm(2.0), Hf,U(1.9), Nb,Ce,Nd(1.8), Sm,Yb(1.7), Th(1.6), Tb(1.5), Zr,La,Dy, Gd(1.4), Y,Eu,Er(1.3)	V,Mo,Sn,Ta(0.8), Sr,Ba(0.7), W(0.5)
НИЖНИЙ		Ba(12.9), Sb(4.9), Be(3.3), Pb,U(2.5), Li,Pr(2.3), Nb,Hf(2.1), Zr(2.0), Ce,Th(1.8), Nd,Eu(1.6), La(1.5), Sm(1.4), Cs,Tm(1.3)	Ga(0.8), Sc,Fe,Lu,W(0.7), Rb(0.6), Ti,V,Mn,Co,Ge,Bi(0.5)
		Sb(5.1), Ba(3.2), V(2.3), Cr,Mn(1.7), La(1.4)	Zn,Sr,Y,Sm,Dy(0.8), Sc,Rb(0.7), Co,Ga,Mo,W(0.6), Ti,Ni,Sn,Er,Yb,U(0.5)

Рис. Геохимическая специализация геологических образований в разрезе земной коры Южно-Минусинской котловины в пределах Таштыпской площади. В скобках указаны кларки концентраций.

Далее выделяется следующая эпоха осадконакопления, в которую заканчивается активная вулканическая деятельность и начинается постепенное образование морских карбонатных отложений с преобладанием известняков. Смена условий

образования пород имекской, толчковской и таштыпской свит раннего девона отражается в элементном составе, где отмечается накопление той группы элементов, которая была в дефиците в предыдущем периоде, а именно Li, Sc, V, Cr, Mn, Co, Sr со значениями кларков концентрации 1,3 – 8,1. Лантаноиды и радиоактивные элементы, характерные для эпохи вулканизма, в терригенно-карбонатных отложениях имеют содержания ниже либо около кларковых значений (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy 0,9 – 1,1; Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu 0,1 – 0,5; Th, U 0,4 – 0,6). В конце периода наблюдается незначительное возобновление вулканической деятельности с избыточным содержанием в породах тимиртасской свиты редкоземельных элементов, циркония, лития и бериллия.

В карбонатно-терригенных образованиях илеморовской и бейской свит среднего девона отмечается активное накопление бария (Кк 7,5), ниобия (Кк 5,6), кобальта, сурьмы, а также группы литофильных элементов – Ti, Cr, Mn, Y, Zr, Cs, редкие земли. Дефицитными элементами, как и для большинства пород территории, являются халькофильные и сидерофильные, а также цинк, бериллий, вольфрам и уран.

Для позднедевонских терригенных пород ойдановской, кохайской и тубинской свит характерны надкларковые содержания части редкоземельных элементов (La, Ce, Pr, Nd, Eu – Кк 1,3 – 3,0) и ванадия (Кк 1,8 – 2,5), хрома (Кк 1,5 – 1,7).

Все породы Южно-Минусинской котловины Таштыпской площади характеризуется повышенными содержаниями сурьмы, с незначительной разницей в кларках концентраций (в эффузивных породах Кк 2,1 – 5,1; в карбонатно-терригенных – 1,7 – 4,0). Также выделяется два периода с накоплением большинства химических элементов – в карбонатных отложениях таштыпской свиты раннего девона и терригенно-карбонатных образованиях бейской свиты среднего девона, источником которых, возможно, являются не только сами вмещающие породы, но и другие источники, связанные с магматизмом.

Литература

1. Кокин А. Геохимическое картирование с целью оценки источников рудообразования / LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2014, – С.180.
2. Требования к геохимической основе Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1000 000 (новая редакция) / М., ИМГРЭ, Федеральное агентство по недропользованию, 2000, – С.40.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ КУРТУШИБИНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНЫХ САЯН

В.С. Кряжев

ФГБУ «ВИМС», Москва

Начиная с 2011 года на территории Куртушибинской металлогенической зоны Западных Саян, в пределах оконтуренных ранее Хайлыкского и Макаровского золоторудных узлов [1], проводятся поисковые работы на коренное золото. В рамках этих работ детально изучен вещественный состав выявленных рудопроявлений различных типов, выполнено исследование минералогического и химического состава руд, околорудных метасоматитов и вмещающих пород, изотопных характеристик серы сульфидов, углерода и кислорода карбонатов, термолюминесцентных характеристик жильного кварца [5].

По результатам аналитических работ установлено, что руды Андреевского, Ивановского и Верхнеандреевского рудопроявлений Хайлыкского рудного узла обладают рядом ярко выраженных минералого-геохимических особенностей, а именно:

- в рудных телах наблюдается развитие серицита, анкерита и пирита (процесс березитизации рудовмещающих пород);

- рудовмещающие дайки кислых пород обогащены K, Cu, W, Fe и Sb, и обеднены Ca, Na и Sr по сравнению с неизмененными гранитоидами;

- жильный и прожилковый кварц золоторудных зон обладает пиковой термолюминесценцией, четко выделяются два пика с температурами 215-248° и 269-345° и интенсивностью больше 100 у.е.;

- изотопный состав серы сульфидов имеет слабоположительные значения $\delta^{34}\text{S}$ от +1 до +6‰ с максимумом в диапазоне +2...+4‰. Центральные (наиболее золотоносные) части зон обогащены тяжелым изотопом по сравнению с краевыми частями;

- изотопный состав кислорода карбонатов имеет значение +5.2‰, что указывает на участие в процессе рудообразования эндогенных флюидов.

Золото-сульфидно-кварцевые руды, локализованные в черных сланцах по р. Золотая в районе руч. Успенский имеют схожие геохимические, но различные минералогические и изотопные характеристики:

- в центральной части отмечается развитие биотита, халькопирита, борнита и ковеллина, а так же полное замещение пирротина пиритом. Во фланговых частях отмечается развитие марказита по пирротину, замещение породного серицита биотитом и увеличение доли халькопирита в суммарном объеме сульфидов.

- изотопный состав серы сульфидов имеет строго отрицательные

значения ($\delta^{34}\text{S}$ от $-22,2\text{‰}$ до $-9,7\text{‰}$), что обусловлено наличием в черносланцевой пачке большого количества (до 5%) осадочно-диагенетического пирротина [3]. Тем не менее, центральная часть рудной зоны обогащена тяжелым изотопом по сравнению с фланговыми частями ($-9,7$ и $-12,3\text{‰}$ против $-22,2$ и $-20,5\text{‰}$).

Для каждого из выявленных типов золоторудных рудопроявлений Макаровской площади разработан комплекс поисковых минералогическо-геохимических признаков, включающий минералогические, петрографические, геохимические, термолюминесцентные, термобарогеохимические и изотопные характеристики [5].

- для золото-сульфидно-кварцевых руд в метаморфических СВК (Буланское рудопроявление) характерны площадное окварцевание, развитие железистого аналога талька – миннесотаита, ореолы Cu, Zn и Pb во вторичных и первичных аномалиях, повышенная интенсивность пиков термолюминесценции жильного кварца при $T = 235$ и $310 (\pm 10) ^\circ\text{C}$, высокие содержания Sr, Ba, Cu, Zn, B, SO₄ при соотношении Na:K = 0,3 в растворах ГЖВ;

- для золото-сульфидно-кварцевых руд в пропилитизированных вулканитах основного состава (рудопроявление Бабушкино) характерны альбит-эпидот-хлоритовые изменения, выделения углеродистого вещества, повышенная интенсивность пиков термолюминесценции жильного кварца при $T = 235$ и $310 (\pm 10) ^\circ\text{C}$;

- для золото-кварцевых руд в лиственитизированных серпентинитах (Верхне-Буланское рудопроявление) характерны площадная лиственитизация, прожилковое окварцевание, развитие пирита, фуксита и апатита, шлиховые ореолы магнезита и шуйскита, ореолы As и Sb во вторичных и первичных аномалиях, повышенная интенсивность пика термолюминесценции жильного кварца ($T = 285^\circ \pm 5^\circ\text{C}$), высокие содержания As, Sb, Fe, B, W при соотношении Na:K = 3,5 в растворах ГЖВ [2];

- для золото-сульфидно-кварцевых руд в ортоклазовых метасоматитах по гранитам (Жерновское рудопроявление) характерна площадная калишпатизация, развитие минералов меди и ореолы Cu, Zn, Pb, W во вторичных и первичных аномалиях.

Результаты изотопно-геохимических исследований позволяют рассматривать все изученные проявления золотоносной минерализации Макаровской площади как продукты деятельности магматогенно-гидротермальных систем, генетически связанных с единым очагом гранитоидной магмы. Минералообразование протекало на фоне снижения температур от 400°C (околорудные изменения) до 250°C (отложение рудной минерализации) [4]. Осевые наиболее продуктивные зоны рудоносных гидротермальных систем отличаются наибольшим содержанием тяжелого изотопа кислорода в карбонатах ($\delta^{18}\text{O} > +15\text{‰}$), пониженными значениями $\delta^{13}\text{C}$ (менее -5‰) и характеристическим изотопным составом сульфидной серы $\delta^{34}\text{S} = +5 \pm 0,5\text{‰}$. Указанные изотопно-геохимические параметры могут быть использованы в

качестве дополнительных прогнозно-поисковых критериев.

Разработанный комплекс критериев апробирован на примере наиболее изученных отрезков минерализованных зон.

С учетом результатов апробации, опыта работ в пределах Макаровской площади и Хайлыкского рудного узла, составлены методические рекомендации по разработке и применению минералого-геохимических критериев при разбраковке минерализованных зон по степени перспективности на ранних стадиях их обнаружения. Критерии могут быть использованы как в пределах изученных площадей, так и на других объектах Куртушибинской металлогенической зоны после соответствующей адаптации [5].

Проведенные работы выявили ряд нетрадиционных, малораспространенных типов золоторудной минерализации, которые ранее в пределах Куртушибинской металлогенической зоны не оценивались в качестве самостоятельных золоторудных объектов. Для оценки промышленной значимости этих типов оруденения требуется проведение дальнейших геологоразведочных работ.

Литература

1. Корнев Т.Я., Зобов Н.Е., Курганьков П.П., Еханин Д.А. Перспективы Верхнеамыльского золоторудного узла в Западном Саяне // Природные ресурсы Красноярского края, №18, 2013. С. 61 - 65).

2. Кряжев С.Г., Прокофьев В.Ю., Васюта Ю.В. Использование метода ICP MS при анализе состава рудообразующих флюидов гидротермальных рудных месторождений. // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. №4. 2006. С.30–36.

3. Омото Х., Рай Р. Изотопы серы и углерода /Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М. Мир. 1982.

4. Фор Г. Основы изотопной геологии. М. Мир. 1989.

5. Чекваидзе В.Б., Миляев С.А., Исакович И.З. Комплексная петрографо-минералого-геохимическая методика поисков золоторудных месторождений. М. Издательский дом «Бородино-Е». 2004. 132 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕТОДОВ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТОНКОДИСПЕРСНЫХ РУД

А.Н. Лебедев, И.Г. Быстров

ФГБУ «ВИМС», Москва

Комплекс прецизионных методов аналитической электронной микроскопии (ЭМ) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) давно обрел свою популярность и широко используется на разных этапах и стадиях геологоразведочных работ [3]. Только за последние несколько лет в ФГБУ «ВИМС» с применением комплекса методов был выполнен ряд работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы твердых

полезных ископаемых – комплексных радиоактивных руд редких и редкоземельных металлов, руд черных металлов, урановых руды и др.

Методы ЭМ и РСМА позволяют изучать тонкодисперсные системы природного и техногенного происхождения, идентифицировать тонкодисперсные минеральные образования с размером зерен в сотые доли микрометра (вплоть до 0,01 мкм), устанавливать формы нахождения в рудах полезных и вредных элементов-примесей, уточнять элементный состав минералов, выявлять и диагностировать присутствующие в минералах микроскопические и субмикроскопические минеральные включения, изучать морфологию, определять особенности внутреннего строения минеральных зерен. С помощью изображений исследуемого объекта в обратно-рассеянных электронах и в характеристическом рентгеновском излучении определяются особенности микростроения руды, выявляется структурная и фазовая неоднородность минеральных зерен.

Ограничения методов связаны с природными особенностями минералов и минеральных агрегатов. Следует учитывать, что: некоторые минералы склонны к фазовым превращениям при нагревании электронным пучком; диагностические линии многих минералов недостаточно хорошо разрешимы на дифрактограммах; элементный анализ, проведенный с рельефной поверхности, может рассматриваться лишь как качественный; рентгеноспектральные методы не позволяют определить минеральную форму полезного ископаемого, валентное состояние элементов и др.

Сегодня получение достоверной минералого-технологической информации о рудах месторождений отечественной минерально-сырьевой базы, представленной низкокачественным, труднообогатимым сырьем [1], без применения этих методов невозможно. Динамичное развитие техники и технологий существенно увеличивает оперативность и удобство работы на подобных приборах.

Но следует отметить, что использование лишь методов ЭМ и РСМА, пусть даже и «самых высокотехнологичных» не позволяет определить все особенности тонкодисперсных руд – текстурно-структурные характеристики и минеральный состав, которые необходимо учитывать при вовлечении их в промышленное освоение. Поэтому, для получения точных достоверных результатов минералогического анализа руд, особенно тонкодисперсных, необходимо использовать комплекс минералого-аналитических методов изучения вещества. Только комплексирование оптической микроскопии, рентгеноспектрального, рентгенофазового, рентгенотомографического анализов, ЯГР- и ИК-спектроскопии и математического аппарата в каждом конкретном случае может дать объективную минералого-технологическую оценку руд [2].

Литература:

1. Ожогина Е.Г., Рогожин А.А. Минералогическое сопровождение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые. // Руды и металлы. 2011. № 3-4. С. 131.

2. Прогноз технологических свойств минералогическими методами на ранних стадиях ГРР. Железные руды. Методические рекомендации №176, НСОММИ, ВИМС, М., 2014. 64 с.

3. Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. Москва: Техносфера, 2008. 232 с.

ЗОЛОТО-ТЕЛЛУРИДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛДАНА (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)

В.И. Леонтьев

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

В золото-теллуридный тип, как правило, объединяют золоторудные эпитермальные месторождения, в которых существенная часть золота химически связана с теллуrom [1, 4]. Большая группа крупных Au-Te месторождений (Крипл-Крик, США; Поргера, Лэдолам; Папуа – Новая Гвинея; Империтор, Фиджи) обладает некоторыми специфическими особенностями, которые выделяют их среди других эпитермальных месторождений. Прежде всего, это тесная генетическая связь с шошонитами и обогащенными калием щелочными породами, а так же своеобразные геохимическая (Te-V-F) и минеральная (теллуриды золота, серебра и других металлов, флюорит, роскоэлит) ассоциации руд [1, 4]. В последние годы в пределах Центрально-Алданского рудного района выявлен ряд новых геолого-генетических типов оруденения [2, 3], часть которых отнесена к золото-теллуридному типу. Наиболее ярким примером подобных объектов являются месторождения Подголецное и Самолазовское.

Месторождение Подголецное принадлежит Джекондинскому рудному узлу. В геологическом строении месторождения принимают участие граниты, гнейсы и кристаллосланцы кристаллического фундамента (AR-PR) со структурным несогласием перекрытые вендскими доломитами. Мезозойские интрузивные образования представлены дайками и силлами минетт и сиенит-порфиоров. Наиболее крупным является штокообразное тело гольца Шаман, расположенное в километре к северо-западу и сложенное щелочноземельными сиенитами лебединского комплекса (J₃-K₁).

По минеральному составу и особенностям локализации в пределах золоторудного месторождения Подголецное выделяется два типа оруденения: первый, золото-теллуридный, представлен пологими залежами и жилами адуляр-флюоритовых метасоматитов в породах кристаллического фундамента, второй, золоторудный, залежами и жилами карбонат-талковых метасоматитов в породах платформенного чехла и генетически связанными с ними сульфидными жилами и оруденелыми дайками. По положению в стратиграфическом разрезе,

сочетанию рудоконтролирующих факторов, характеру залегания и особенностям минерального состава рудных тел оруденение второго типа относится к широко распространённому в районе лебединскому геолого-промышленному типу. Рудные тела в породах кристаллического фундамента сложены фиолетово-серыми метасоматитами брекчиевой, прожилково-полосчатой, массивной и пористой текстуры, состоящими из новообразованных карбоната, серицита, роскоэлита, пирита, флюорита, адуляра и реликтов кристаллических пород фундамента. Структуры руд мелко- и тонкозернистые, текстуры зависят от степени гидротермально-метасоматической проработки и представлены вкрапленными, прожилково-вкрапленными гнездово-вкрапленными и пятнистыми разностями. Главным рудообразующим минералом является пирит, к редким относятся галенит, сфалерит, халькопирит. Меньшим распространением пользуются петцит, гессит, штютцит, теллуровисмутит, самородное золото, браннерит, монацит и редкоземельный фторапатит, киноварь. Количество рудных минералов варьирует в пределах 5-15 %. Сера пиритов обогащена лёгким изотопом: дельта³⁴S изменяется в пределах -1,8 – -5,5 ‰ (количество определений – 5). Руды характеризуются повышенными концентрациями таких элементов как: Au, Ag, Te, As, Se, Sb, V, W, Li, U, Y.

Месторождение Самолазовское находится в пределах Юхтинского многофазного интрузивного массива сложенного тремя фазами лебединского монзонит-сиенитового комплекса (J₃-K₁). По своей структуре массив представляет собой лополит, локализованный между архейским кристаллическим фундаментом гранитогнейсового состава и толщей венд-нижнекембрийских карбонатных пород осадочного чехла, представленной преимущественно доломитами.

На месторождении выделено 4 гидротермально-метасоматических парагенезиса: скарновый, гумбеитовый, фельдшпатолитовый, рудоносный флюорит-роскоэлит-карбонат-кварцевый. Основные типы оруденения: 1) прожилково-вкрапленный линейный («самолазовский») тип (ныне полностью отработан), локализованный в виде субгоризонтальных залежей на контакте интрузива и доломитов, и представленный интенсивно окисленными и дезинтегрированными скарнами с наложенными прожилково-вкрапленными рудоносными флюорит-роскоэлит-карбонат-кварцевыми метасоматитами; 2) прожилково-вкрапленный штокверковый тип, локализованный в виде объёмных минерализованных зон внутри мезозойских интрузий, представленный в различной степени гумбеитизированными сиенитами с наложенными прожилково-вкрапленными рудоносными флюорит-роскоэлит-карбонат-кварцевыми метасоматитами; 3) брекчиевый тип, локализованный в крутопадающих минерализованных зонах дробления внутри тел мезозойских интрузий и метасоматических тел (фельдшпатолитов), развитых по породам кристаллического фундамента, и представляющий собой брекчии с обломками скарнов, фельдшпатолитов, сиенитов и гумбеитов и рудным цементом,

представленным минералами флюорит-роскоэлит-карбонат-кварцевой ассоциации и связанными с ней сульфидами. Для оруденения штокверкового типа главным рудным минералом является пирит, менее распространен марказит. Редкими минералами являются сульфосоли: бурнонит и блеклые руды. Блеклые руды, несущие включения бурнонита, развиваются по пириту. Отмечаются единичные образования колорадоита, антимонита, арсенопирита. Для рудной минерализации брекчиевого типа главными минералами являются пирит и марказит. Пирит имеет частые включения халькопирита, сфалерита, галенита, реже пирротина и блеклых руд. Золото в рудах распространено крайне редко, представлено субмикронными выделениями в брекчированном пирите. Калаверит встречается в трещинах кварца и вокруг зерен сфалерита, нередко выполняет полости в микродрюзах кварца. Колорадоит обнаружен в трещинах пирита и в интерстициях между зернами кварца и брекчированного пирита. Для пирита и марказита характерны примеси (в масс.%) Sb – 0,64-1,90, As – 0,94-5,25, Te – 1,02-3,82, V – 0,21-0,31. Сера пиритов и марказитов обогащена лёгким изотопом. дельта³⁴S изменяется в пределах -6,7 – -12,3 ‰ (количество определений – 6). Руды характеризуются повышенными концентрациями таких элементов как Au, Ag, As, Sb, Se, Te, Tl, Mo, Pb, V, Zn, Bi, Cu.

Специфический состав жильной и рудной минерализации наряду с характером метасоматических изменений, структурно-текстурными, геохимическими особенностями руд, характеру ассоциирующих магматических пород позволяет рассматривать Подголецкое и Самолазовское месторождения в качестве типичных представителей золото-теллуридного типа. Наиболее близкими аналогами данных месторождений являются Au-Te объекты рудного пояса Колорадо (США), в частности месторождение Крипл-Крик.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00334 мол_а.

Литература

1. Коваленкер В.А. Условия формирования и факторы крупномасштабного концентрирования золота порфириновых и эпитермальных месторождений // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Том 2. Стратегические виды рудного сырья. – М.: ИГЕМ РАН. – 2006. – С.143-214.
2. Леонтьев В.И. Геолого-генетические закономерности локализации золотого оруденения на месторождении Подголецкое (Алданский щит): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Санкт-Петербург, 2016. – 20 с.
3. Молчанов А.В., Терехов А.В., Шатов В.В. и др. Лебединский золоторудный узел (Особенности геологического строения, метасоматиты и оруденение) // Региональная геология и металлогения. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. – 2013. – №55. – С. 99-110.
4. Richards J. P. Alkalic-type epithermal gold deposits – a review / J.P. Richards // Magmas, fluid and ore deposits. – Mineralogical Assoc. of Canada. Short course ser. – 1995. – V. 23. – P. 367-400.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВАРИАЦИЙ ИЗОТОПНОГО ОТНОШЕНИЯ $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$

*Г.В. Манджиева, А.С. Садасюк, А.В. Чугаев,
В.Н. Голубев, И.В. Чернышев*

ИГЕМ РАН, Москва

Вариации распространенности долгоживущих изотопов урана – ^{238}U , ^{235}U в магматических, осадочных породах, водах и других объектах были обнаружены в начале XXI в., начиная с [1, 2], с помощью высокоточного метода изотопного анализа, сочетающего многоколлекторную масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (MC–ICP–MS) и применение двойного изотопного трасера ^{236}U – ^{233}U . При этом были получены доказательства природного фракционирования изотопов ^{238}U и ^{235}U , в том числе в урановых месторождениях [3,4,5]. Фракционирование изотопов ^{238}U и ^{235}U обусловлено различием ядерного объема их атомов («nuclear volume effect») [6]. В настоящем докладе рассматривается методика высокоточного изотопного анализа урана, в основе которой лежит применение ионообменной хроматографии, обеспечивающей получение чистых препаратов урана при минимальных (<20%) его потерях, и применение многоколлекторной масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (MC–ICP–MS) в сочетании с двойным изотопным трасером ^{236}U – ^{233}U .

При анализе пород навески проб, составлявшие 0.1-0.5 г, разлагались с помощью СВЧ-печи (ETHOS PLUS, Milestone) в течение 30 минут в смеси концентрированных кислот HF + HNO₃ (4:1) при температуре 180 °С. Непосредственно перед разложением добавлялся двойной трасер ^{233}U – ^{236}U , что позволяло учесть фракционирование изотопов U в процессе всей химической подготовки пробы. Для получения моноэлементных препаратов U применялась трехстадийная ионообменная хроматография. На первой стадии происходило отделение U от основных породообразующих элементов. Процедура осуществлялась в последовательно сменяемых средах 7M HNO₃ и 6M HCl на хроматографической колонке, заполненной объемом 1.8 см³ анионита AG-1x8 (200-400 меш). Вторая стадия заключалась в отделении U от ряда рассеянных элементов, включая Th. Для этой цели использовалась хроматографическая колонка с катионнообменной смолой AG 50W×8 (200-400 меш.) объемом 2.0 см³. Выделение U проводилось в 2.3 M HCl. Третья стадия связана с использованием специализированной смолы UTEVA (V = 0.04 см³), с помощью которой в среде 3M HNO₃ происходила доочистка U. Реализованная методика была аттестована с помощью стандартных растворов U и Th, а также различных по составу горных пород.

Для анализа изотопного отношения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в воде отбиралась

аликвота и очищалась от твердых нерастворимых частиц, затем после добавления двойного трасера ^{233}U - ^{236}U она упаривалась. Полученный солевой осадок переводился в раствор путем обработки его 7.5 М HNO_3 в течение 2-3 часов. Хроматографическое выделение урана проводилось на полипропиленовых колонках, заполненных объемом 1.4 см³ анионообменной смолой Bio-Rad AG 1×8 с размерностью гранул 200-400 меш. Загрузка препарата в колонки и элюирование осуществлялись в 7.5 N HNO_3 , тогда как сбор фракции U – в H_2O . Собранный фракция U упаривалась, а затем растворялась в 3 % HNO_3 до получения необходимой для анализа концентрации U.

Измерения изотопного отношения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ проводились в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН (г. Москва) на масс-спектрометре NEPTUNE (Thermo Finnigan, Германия) и в лаборатории изотопной геохимии и стратиграфии ИГиНГТ КФУ (г. Казань) на масс-спектрометре NEPTUNE PLUS, оборудованном J-интерфейсом (ThermoFinnigan, Германия). На обоих приборах применялась единая методика анализа изотопного состава U. Измерения проводились в режиме «мокрой» плазмы с введением растворов образцов в плазменную горелку с помощью кварцевого распылителя. Интенсивность ионного тока $^{238}\text{U}^+$ была не ниже 30 В (при $R = 10^{11}\text{Ом}$), что обеспечивало интенсивность ионных токов $^{235}\text{U}^+$ (~0.3 В) и $^{234}\text{U}^+$ (≥ 0.002 В). Количество добавляемого к образцам двойного трасера ^{233}U - ^{236}U соответствовало интенсивности $^{233}\text{U}^+$ и $^{236}\text{U}^+$ около 0.6 В. Помимо ионных токов пяти изотопов урана, измерялись необходимые для контроля интерференционных наложений интенсивности фоновых ионных токов на массах 237 и 239 m/e. В ходе изотопных анализов отношение интенсивностей $^{232}\text{Th}^+/^{238}\text{U}^+$ было менее 1×10^{-5} . Учет эффекта приборной масс-дискриминации при измерении отношений $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ осуществлялось по величине опорного отношения $^{236}\text{U}/^{233}\text{U} = 1.03183 \pm 2$ в трасере, которая была определена по результатам анализа международного изотопного стандарта U – CRM-112A, для которого принималось значение $^{238}\text{U}/^{235}\text{U} = 137.837 \pm 4$ [7]. Долговременная воспроизводимость результатов измерений $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$, по данным анализов стандартного образца IRMM-3184, а также образцов-мониторов природного урана, составила $\pm 0.07\%$ (± 0.010) (2SD).

Реализованная методика расширяет круг геологических объектов при исследовании природных вариаций изотопного состава U. Методика позволяет проводить высокоточные измерения изотопного отношения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в различных по составу и происхождению горных породах, минералах и водах. С помощью этой методики были получены изотопно-геохимические данные, позволяющие оценить направленность и масштаб фракционирования изотопов ^{238}U , ^{235}U при окислительном воздействии трещинных вод на минерализованные вулканические породы, содержащие U в форме оксидов и силикатов U на примере Тулукуевского карьера (Восточное Забайкалье)

[Чернышев и др., 2017 (в печати)].

Работа выполнена в рамках гранта НШ-9271.2016.5

Литература

1. Stirling C.H., Anderson M.B., Potter E.K., Halliday A.N. //Earth and Planet. Sci. Lett. 2007. V. 264. P. 208–225.
2. Weyer S., Anbar A.D., Gerdes A., et al. // Geochim. Et Cosmochim. Acta. 2008. V. 72. P. 345–359
3. Чернышев И.В., Голубев В.Н., Чугаев А.В., Баранова А.Н. // Геохимия. 2014. №12. С. 1059-1078.
4. Чернышев И.В., Дубинина Е.О., Голубев В.Н. // Геология руд. месторождений. 2014. Т. 56. № 5. С. 355–361.
5. Голубев В.Н., Чернышев И.В., Чугаев А.В. и др. // Геология руд. месторождений. 2013. Т. 55. № 6. С. 467–480.
6. Shauble E.A. // Geochim. et Cosmochim. Acta. 2007. V. 71. P. 2170–2189.
7. Richter S., Eykens R., Kühn H., et al. // Intern. J. Mass Spectrometry. 2010. V. 295. P. 94–97.
8. Урановые и молибден-урановые месторождения в областях развития континентального внутрикорового магматизма: геология, геодинамические условия формирования. М.: ИФЗ РАН/ИГЕМ РАН, 2012.С. 319.2.С. 319.

ПРОГНОЗ И ПОИСКИ КРУПНООБЪЕМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УГЛЕРОДИСТО-КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Р.Х. Мансуров

ФГУП ЦНИГРИ, Москва

В последние годы в отечественной и зарубежной литературе достаточно широко освещаются вопросы, касающиеся необходимости выявления и вовлечения в геологоразведочный процесс крупнообъемных золоторудных и комплексных золотосодержащих месторождений, залегающих на небольшой глубине и пригодных для открытой карьерной отработки [1, 5, 7]. Одним из наиболее перспективных типов таких объектов являются золото-сульфидно-кварцевые и золото-сульфидные месторождения, локализованные в углеродисто-карбонатно-терригенных комплексах. На территории РФ яркими примерами крупнообъемных месторождений служат месторождения Олимпиадинское, Благодатное, Ведугинское (Енисейская золоторудная провинция), Сухой Лог, Вернинское (Байкало-Патомская провинция), Наталкинское, Дегдекан (Верхояно-Колымская провинция) [2, 5, 9]. Все эти объекты объединяет приуроченность к орогенным миогеосинклинальным складчатым структурам в обрамлении Сибирской платформы [8].

На этапе прогноза исследуется широкий спектр геологической информации, главным образом, геологическая, геохимическая,

геофизическая изученность территории, данные космодешифрирования, прямые и косвенные признаки золотоносности. В результате составляется результирующая карта прогноза с основными элементами золотоносности, позволяющая выделить наиболее перспективные первоочередные поисковые площади и участки. В конечном итоге на стадии прогноза разрабатываются прогнозно-поисковые модели для разноранговых металлогенических таксонов с выделением эталонных объектов [4].

В вышеназванных структурах силами ФГУП ЦНИГРИ в период 2013-2015 гг. производились поисковые работы в рамках госконтракта Роснедра МПР РФ. Для данных территорий характерно широкое развитие перекрывающих информативный элювиально-делювиальный слой дальнепринесенных отложений, затрудняющих поиски. В таких условиях применяется комплексная методика поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах, позволяющая в кратчайшие сроки определить перспективы поисковых площадей и участков [3].

Непосредственно поисковые исследования осуществляются в несколько последовательных этапов. Поисковые работы осуществлялись в несколько последовательных этапов.

На первом этапе поисков перспективные площади изучаются серией опорных геолого-геофизических профилей с целью выявления рудоконтролирующих зон складчато-разрывных деформаций (рассланцевания). Последние приурочены, как правило, к зонам разрывных нарушений, оперяющихся к крупным долгоживущим региональным глубинным разломам, в узлах пересечения разрывов более высоких порядков.

Длина профилей до 12 км, расстояние между ними 4–5 км. Исследования по опорным профилям включают комплекс геологических (геолого-поисковые маршруты), геохимических (шлиховое, литохимическое по вторичным ореолам рассеяния и сколковое опробование нижнего надкоренного информативного слоя элювиально-делювиальных отложений в шурфах на глубине, в среднем, 1-1,5 м) и геофизических (электро-, грави-, магниторазведка) методов [6].

В ходе работ установлено, что наиболее перспективные на выявление золоторудных месторождений приурочены к участкам разрушения («распада») структуры магнитного поля – области резкого ослабления интенсивности линейных магнитных аномалий и полного градиента магнитного поля. Предполагается, что «распад» структуры магнитного поля связан с разрушением осадочно-метаморфогенного пирротина в результате гидротермально-метасоматического преобразования [4].

На втором этапе поисковых работ в пределах наиболее перспективных поисковых участков в пределах рудоконтролирующих зон складчато-разрывных деформаций осуществляются площадные литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния, проходка

линий копушей глубиной 0,8–1 м, геолого-поисковые маршруты масштаба 1:10 000. Проходка линий копушей глубиной, в среднем, 0,8–1,0 м производится по нижним бортам склонов с интервалом 20–40 м между копушами с целью шлихового и литохимического опробования по ВОР нижнего надкоренного малосмещенного информативного слоя элювиально-делювиальных отложений [5].

На третьем этапе поисков с целью локализации минерализованных зон выполняется проходка линий шурфов до коренных пород с интервалом 10–20 м между шурфами и бульдозерных расчисток глубиной 1 м со шлиховым и литохимическим по ВОР опробованием нижнего информативного слоя элювиально-делювиальных отложений в забое шурфов на глубине 1,0–1,4 м, а также бороздовым опробованием коренных пород в полотно шурфов.

На завершающем четвертом этапе поисков наиболее минерализованные участки в пределах золотоносных зон вскрываются горными выработками с целью локализации золоторудных тел.

Важным новым методическим аспектом является то, что результаты литохимического по ВОР опробования нижнего информативного слоя элювиально-делювиальных отложений существенно отличаются от данных стандартного опробования на глубине 0,3–0,4 м, выявляя наиболее высокие аномальные концентрации золота, установленные именно по результатам литохимического опробования на контакте с коренными породами по горным выработкам. Аномалии золота во вторичных ореолах практически совпадают с повышенными содержаниями металла в первичных ореолах.

Литература

1. Волков А.В. Крупнотоннажные месторождения в мировой и российской золотодобыче // Золото и технологии. 2012. № 2(16). С. 38-46.
2. Иванов А.И. Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2014а.
3. Иванов А.И. Экспрессный метод поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах // Руды и металлы, 2014б. № 1. С. 36–42.
4. Иванов А.И., Васюков В.Е., Мансуров Р.Х. и др. Новые данные по технологии прогноза, поисков и оценки большеобъемных золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах // Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов состояние и перспективы. Сборник тезисов докладов научно-практической конференции. М.: ЦНИГРИ. 2016. С. 24-26.
5. Константинов М.М., Волков С.В., Стружков С.Ф., Цымбалюк Н.В. Крупнотоннажные месторождения – ресурс добычи золота в России // Разведка и охрана недр. 2007. № 6. С. 5-11.
6. Мансуров Р.Х., Зеликсон Б.С., Курмаев А.В. Применение экспрессной методики поисков золоторудных месторождений в горно-таежных ландшафтах на примере поисковых работ на большеобъемное золотое оруденение в пределах Средне-Ишимбинской площади // Руды и металлы. 2015. № 4. С. 39–50.
7. Михайлов Б.К., Некрасов А.И., Петров О.В., Кимельман С.А, Михайлов С.Б. Концепция освоения новых центров экономического развития в современных условиях на примере Яно-Колымской золоторудной провинции // Региональная геология и металлогения. 2010. № 42. С. 58-65.

8. Нарсеев В.А., Сидоров А.А., Фогельман Н.А. и др. Основы прогнозирования золоторудных месторождений в терригенных комплексах. М.: ЦНИГРИ, 1986. 192 с.

9. Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Зверев А.И. и др. Модели месторождений золота Енисейской Сибири. Красноярск, Сибирский федеральный университет, 2010. 584 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТАЙМЫРСКОГО БАССЕЙНА

А.Г. Марков

АО «ВНИГРИУголь», Ростов-на-Дону

Таймырский угольный бассейн является одним из крупнейших в Российской Федерации. Он расположен в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе Красноярского края, протягиваясь в северо-восточном направлении от Енисейского залива до побережья моря Лаптевых в виде узкой полосы шириной 50-150 и длиной до 1000-1100 км. Площадь бассейна составляет более 80 тыс. км². Однако из-за удалённости от крупных промышленных центров и суровых климатических условий, разведанные и предварительно оцененные запасы углей составляют менее 0,05% от его общих ресурсов. [1]

В 2015 году ООО «АГК» проведены поисковые работы на лицензионном участке р. Малая Лемберова. Лицензионный участок находится в северо-западной части Таймырского угленосного бассейна, в пределах Диксоновского геологического района. Площадь лицензионного участка составляет 99,95 км².

В строении лицензионного участка недр р. Малая Лемберова принимают участие отложения палеозойского возраста, перекрытые чехлом рыхлых четвертичных отложений. Угленосными являются отложения нижнепермского возраста. Угленосная толща представлена пластами углей рабочей мощности, а так же песчаниками, алевролитами, аргиллитами и конгломератами.

В тектоническом отношении отложения лицензионного участка приурочены к южному крылу Центрально-Таймырского антиклинория, осложненному серией узких антиклинальных и синклиналиных складок, оси которых простираются в субширотном направлении. Складки осложнены продольными сдвигами и диагональными мелкоамплитудными нарушениями типа взбросов и сбросов. [1]

В пределах участка недр повсеместно развиты интрузивные образования позднепермского и триасового возрастов. На основании взаимоотношений с вмещающими породами и между собой выделены три возрастные группы интрузий, включающие в себя четыре комплекса. Интрузивные тела представлены силлами и дайками.

АО «ВНИГРИуголь в рамках выполнения работ по договору субподряда, выполнены исследования по определению марочного состава углей на участке р. Малая Лемберова. Отбор проб угля был произведен из открытой горной выработки, расположенной в юго-восточной части лицензионного участка р. Малая Лемберова. Выработкой вскрыто четыре угольных пласта как простого, так и сложного строения. Угольные пласты невыдержанные по мощности и морфологическому строению. Углы падения пластов изменяются от 70 до 85, что свидетельствует о интенсивных тектонических нарушениях. В северном борту выработки, вероятно вскрыта дайка интрузивных пород, которыми на части карьерного поля замещен угольный пласт «Северный». Мощность угольных пластов изменяется от 0,5 до 8,0 м. Пласты опробованы 44 пластово-дифференциальными пробами из горной выработки.

По результатам лабораторных исследований установлено, согласно ГОСТ 25543-2013 угли относятся к антрацитам (А), группе – третий антрацит (3А), подгруппе – третий антрацит витринитовый (3АВ). Содержание общей серы изменяется от 0,05% до 0,21%, выход летучих веществ от 1,9% до 4,1%. Угли преимущественно низкзолые, реже среднезолые (до 14%). Средние показатели отражения витринита (R_o , %), в пределах выработки, довольно высокие от 5.06 % – Пласт Основной Северный до 5.88 – Пласт 3. В результате рефлектограммного анализа выявлен широкий разброс значений показателей отражений витринита, так в пласте Основной Южный 2 минимальные значения показателя (R_{min}) – 3,62 %, по отдельным фрагментам витринита до 7,25% (R_{max}). Значения действительной плотности на участке колеблются от 1,98 до 2,02 г/см³.

Особенностью петрографического состава исследуемых углей, является наличие в них как остроугольных, так и округлых, часто пористых, обломков (фрагментов) витринита. Обнаруженный факт является отражением процессов высокотемпературного преобразования углей под влиянием внедряющихся в угольные пласты магматических тел.

Исследованиями ВНИГРИуголь, по аналогии с контактово-метаморфизованными углями Булурского месторождения (Магаданская область) и разреза Красногорский (южный Кузбасс) доказана уникальность подобного сырья для получения адсорбентов, фильтрующих материалов и чёрного пигмента.

Литература

1. Лицензия на пользование недрами КРР 02647 ТП.

ПОДГОТОВКА ПИТАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ СТОЛОВ МЕТОДОМ ГИДРОКЛАССИФИКАЦИИ

А.А. Маров, Д.В. Шефов, Л.В. Кошелченков

ООО «Коралайна Инжиниринг», Москва

Классификация в гидроклассификаторе представляет собой такую операцию, во время которой группа зерен различного размера и удельного веса подвергается осаждению в жидкости (вода), находящейся в движении. Продукты, получаемые в результате операций, носят название классов. Другое название этой же операции будет сортировка. Получаемые в этом случае продукты носят названия сорта.

Следующие общие положения применимы к движению твердых частиц:

1. Относительная скорость падения частиц одного и того же удельного веса и одной и той же формы зависит от размера частиц – *частицы большего размера, как более тяжелые, падают с большей скоростью.*

2. Если частицы одного и того же размера и формы имеют различный удельный вес, то более плотные (тяжелые) частицы осаждаются с большей скоростью.

3. Если частицы имеют одинаковый вес, но различную форму, то скорость падения их будет различна – частицы сферической формы будут падать с большей скоростью, частицы пластинчатые – с меньшей скоростью.

4. Сопротивление падению возрастает с увеличением плотности среды.

5. Сопротивление падению возрастает с увеличением вязкости среды.

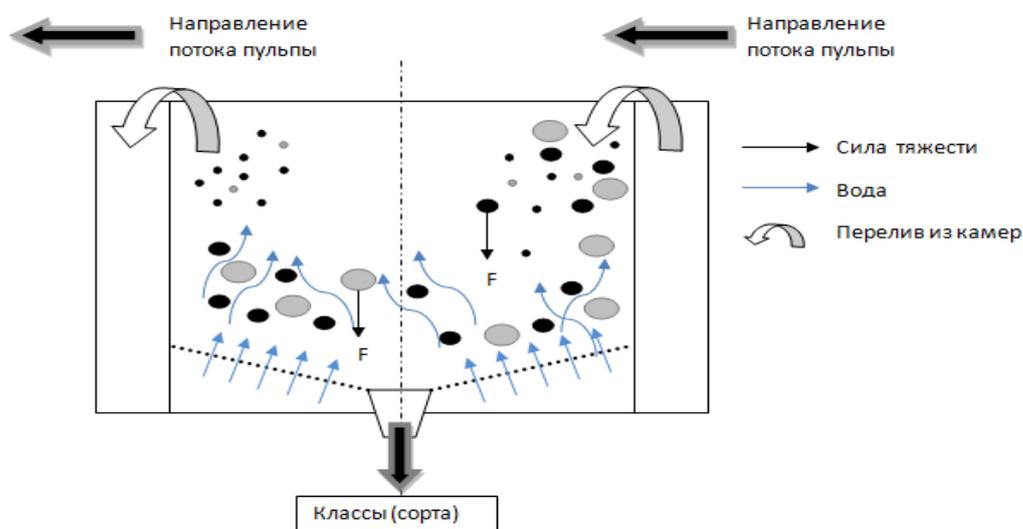


Рис. 1. Принцип классификации материала в камере гидроклассификатора

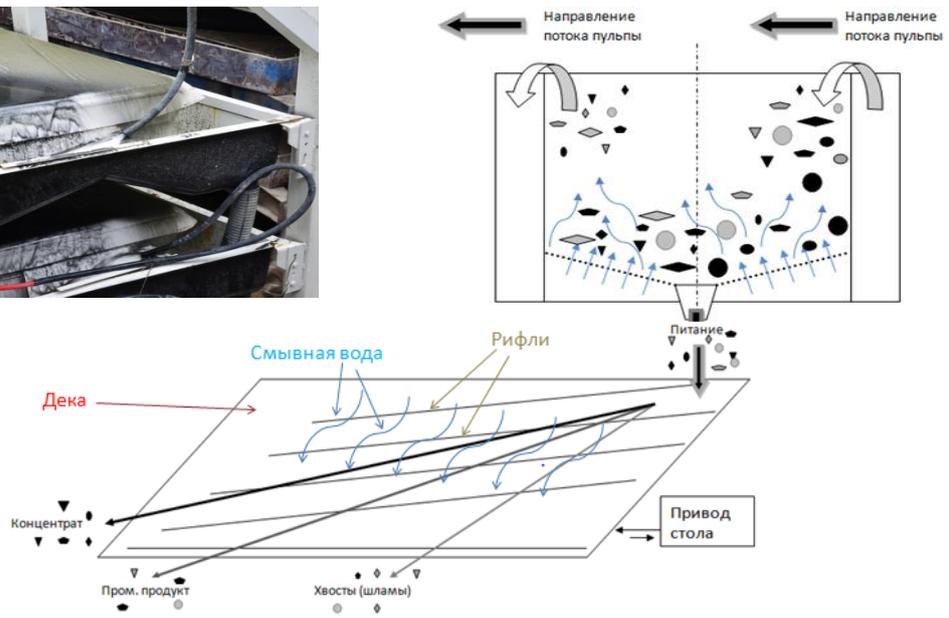


Рис. 2. Принцип работы линии «Гидроклассификатор – Концентрационный стол»

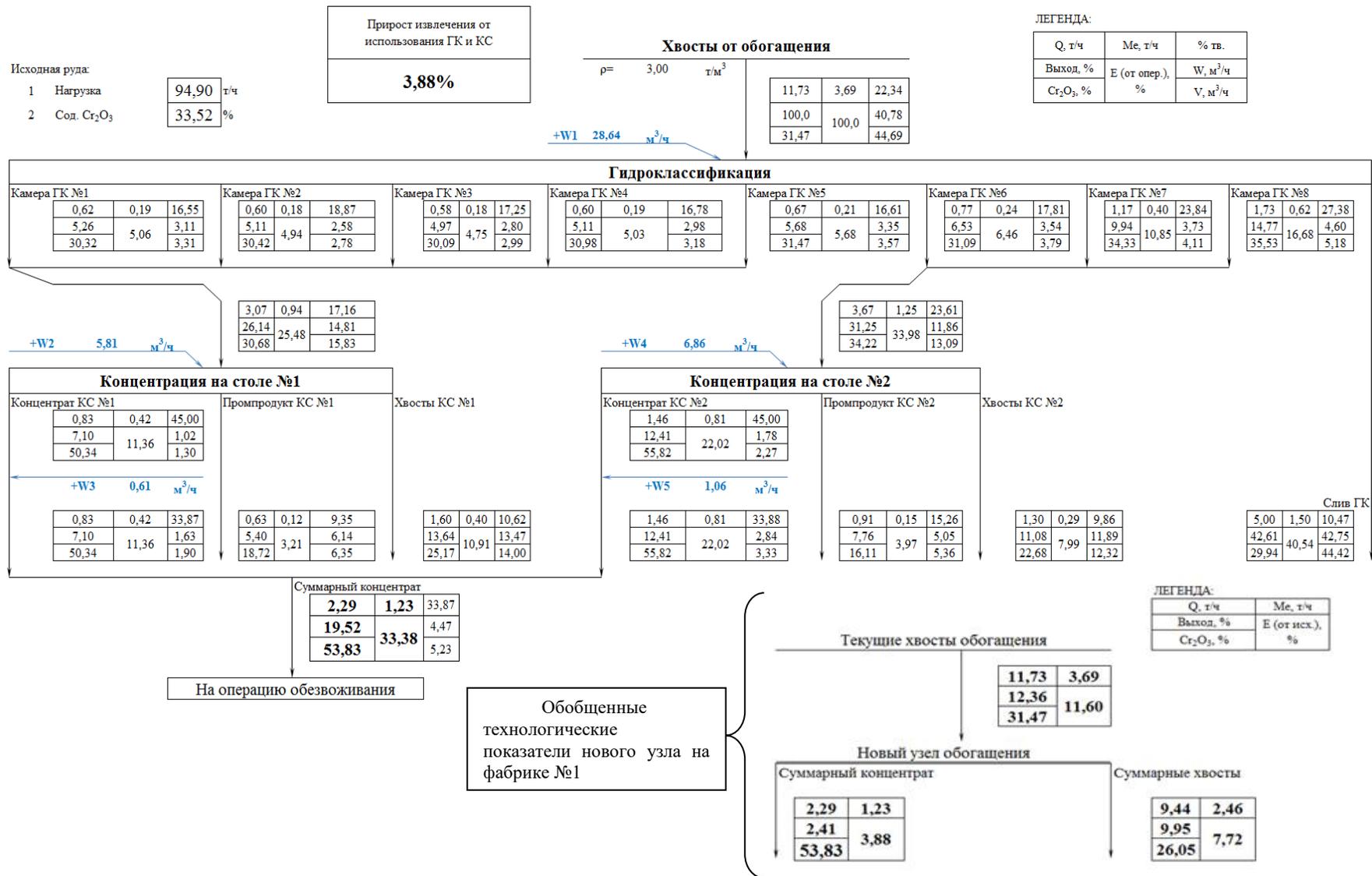


Рис. 3. Сводные технологические показатели нового узла на фабрике № 1

СПЕЦИФИКА СПЕКТРОРАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕРАВНОВЕСНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ РУД И ОТХОДОВ

Д.М. Машнин, О.Б. Назарова, Д.А. Яхнева

ФГБУ «ВИМС», Москва

При добыче и переработке полезных ископаемых с повышенным содержанием природных радионуклидов (ПРН) происходит эмиссия радиоактивных материалов в окружающую среду и увеличение дозовой нагрузки на персонал и население. Помимо уранового сырья, к этой группе можно отнести многие редкометалльные и большинство редкоземельных руд, в которых уран и торий находятся в виде примесей в рудных минералах. На разных стадиях переработки радиоактивных руд происходит разделение и, в ряде случаев, селективное концентрирование относительно короткоживущих дочерних продуктов распада (ДПР) с высокими удельными активностями. Наличие резкого смещения радиоактивного равновесия между ПРН в продуктах передела (концентратах, производственных отходах и др.) необходимо учитывать при оценке радиационной опасности, связанной с обращением с этими материалами, радиационном контроле и мониторинге потенциально опасных объектов. Эта проблема типична для отходов переработки урановых руд в ядерно-топливном цикле (ЯТЦ).

Согласно санитарно-гигиеническим правилам, при радиационном контроле и классификации (категоризации) минерального сырья и материалов, в том числе производственных отходов, определяют эффективную удельную активность ПРН $A_{эфф}$ по данным гамма-спектрометрических измерений как сумму активностей ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K с коэффициентами, учитывающими характеристики гамма-излучения радионуклидов, находящихся в равновесии со своими материнскими и дочерними продуктами. Твердые отходы с повышенным содержанием ПРН относят к радиоактивным отходам (РАО), если выполняется условие $A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K > 10$ (Бк/г).

СанПиН 2.6.1.2800-10 предусматривает только три других варианта расчета $A_{эфф}$ в случаях, когда равновесие в рядах распада ПРН не соблюдается из-за: 1. селективного поступления в отходы изотопов радия; 2. интенсивного эманирования проб; 3. сочетания этих факторов. Общая рекомендация, согласно которой при отсутствии равновесия в рядах распада $A_{эфф}$ необходимо определять с учетом вклада отдельных гамма-излучающих ПРН, редко выполняется на практике по объективным и субъективным причинам.

Проблемы возникают при радиационной оценке и классификации радиоактивных отходов, содержащих техногенные радионуклиды (ТРН), например, смесей ПРН и ТРН после переработки ядерного топлива. Для таких РАО требуется определять индивидуальные

активности радионуклидов или, если такая возможность отсутствует, суммарные (более корректно использовать термин «общие») альфа- и бета-активности проб. Несмотря на очевидные преимущества по экспрессности и стоимости работ, во многих случаях достоверное измерение этих параметров не обеспечивается.

На объекте ЯТЦ были изучены техногенные грунты, содержащие неравновесную смесь природных радионуклидов, главным образом ряда ^{238}U (табл. 1). Измерения выполняли с использованием аттестованных альфа- и бета-радиометрических, альфа-спектрометрического с радиохимической подготовкой и гамма-спектрометрического методов. Установлено, что измеренные суммарные (общие) активности проб существенно отличаются от расчетных значений, полученных при сложении индивидуальных активностей ПРН.

Завышение суммарных альфа-активностей по отношению к расчетным показателям в несколько раз можно объяснить присутствием радия и интенсивным эманированием дисперсных порошковых проб. Расстояние между пробой и детектором является критичным по отношению к альфа-излучению (длина пробега альфа-частиц намного меньше, чем у бета-частиц). Выделение газообразных изотопов радона и их ДПР (^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{219}Rn , ^{215}Po , ^{211}Bi , ^{211}Po) в пространство между пробой и детектором приводит к резкому увеличению фактической эффективности регистрации альфа-частиц (на порядок и более). Корректировку результатов измерений на эманирование трудно реализовать практически, так как эффект зависит от содержания изотопов радия, плотности и других характеристик конкретной пробы и условий выполнения измерений.

Сходные результаты получены при измерениях суммарных альфа- и бета-активностей счетных образцов с разным радионуклидным составом, приготовленных путем смешивания в определенных пропорциях неактивного материала горных пород с материалом аттестованных стандартных образцов (СО): 1) редкоземельной руды с преобладанием радионуклидов ряда тория ОСО 250-91, 2) слабоактивного альбитизированного гранита ГСО 520-84П (табл. 2). Помимо уже рассмотренного эффекта, относительные расхождения расчетных и измеренных активностей смесей варьируют в зависимости от доли и типа материала СО.

Так как суммарные (общие) активности проб определяют путем сопоставления скоростей счета альфа- и бета-частиц от пробы и эталона с известной активностью, то при прочих равных условиях результаты измерений зависят от соответствия радионуклидного состава (спектра излучения) пробы и эталона. Если различия существенны, как было показано на примерах, нельзя получить правильную количественную оценку суммарных активностей ПРН и ТРН и корректно классифицировать РАО для дальнейшего обращения.

Таблица 1

Удельные активности (Бк/кг) радионуклидов в пробах грунтов на территории
предприятия ЯТЦ

Радионуклиды	Номера проб			
	Э П-40	Э П-35	Э П-39	Э П-3-5
U-238	2360	3220	2040	88
U-235	132	217	106	6,3
U-234	2450	4280	2970	138
Th-232	20	85	211	176
Th-230	4890	16,1×10 ⁴	11,67×10 ⁴	4760
Th-228	≤ 50	≤ 100	≤ 100	201
Ra-228	≤ 100	≤ 100	≤ 100	130
Ra-226	4,82×10 ⁴	14×10 ⁴	11,2×10 ⁴	4,05×10 ⁴
Ra-224	≤ 100	≤ 100	≤ 100	135
Po-210	1,28×10 ⁴	5,94×10 ⁴	1,76×10 ⁴	1,55×10 ⁴
Pb-210	1,08×10 ⁴	7,63×10 ⁴	2,14×10 ⁴	1,99×10 ⁴
Расчетная суммарная альфа-активность	22×10 ⁴	79×10 ⁴	59×10 ⁴	18×10 ⁴
Расчетная суммарная бета-активность	11×10 ⁴	36×10 ⁴	25×10 ⁴	10 ⁵
Измеренная суммарная α-активность (отн. расхож. при измерении α-активности)	55×10 ⁴ (150%)	120×10 ⁴ (52%)	240×10 ⁴ (310%)	140×10 ⁴ (680%)
Измеренная суммарная β-активность (отн. расхож. при измерении β-активности)	5,6×10 ⁴ (-49%)	22×10 ⁴ (-39%)	8,3×10 ⁴ (-67%)	5,8×10 ⁴ (-42%)

Таблица 2

Результаты измерения удельных суммарных (общих) альфа- и бета-активностей
(Бк/кг) проб смесей на основе стандартных образцов состава ОСО 250-91 и ГСО
520-84П

Пробы (отношения в смеси)	Расчетные значения		Измеренные значения		Относительное расхождение	
	Альфа-	Бета-	Альфа-	Бета-	Альфа-	Бета-
Э-1/НФС-23 (1/1)	25184	13434	64968	7028	158%	-48%
19-П/НФС-23 (5/1)	8214	5241	18214	3119	122%	-40%
19-П/СГ-1А/НФС-23 (2/1/1)	14463	9011	30187	4421	109%	-51%
СГ-1А/НФС-23 (2/1)	22311	12865	42982	6858	93%	-47%

Литература

1. Отчёт о научно-исследовательской работе по Государственному контракту № 6/2014 от 30.09.2014 г. (раздел 3), ФГБУ «ВИМС», 2016 год.

ЛАБОРАТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЙМЕННОЙ ФАЦИИ РЕКИ СОЖ (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

Т.А. Мележ

*Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь*

Для проведения лабораторно-аналитических исследований по изучению гранулометрического и минералогического состава были отобраны образцы (3 пробы) аллювиальных отложений пойменной фации реки Сож. Исследования проводились в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 12536–2014 Грунты. Метод лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Первая проба отобрана в пойме реки Сож вверх по течению от города Гомеля в 16 км – агрогородок Хальч; вторая проба отобрана в пригородной зоне города Гомеля – поселок Якубовка; третья проба отобрана вниз по течению от города Гомеля в 27 км – деревня Шарпиловка Гомельского района. Определение гранулометрического состава проведено двумя способами: при определении крупных фракций размерностью от 10 мм до 0,5 мм – ситовым способом без промывки водой (рис. 1); второй способ – определение мелких фракций менее 0,5 до 0,1 мм – ситовым способом с промывкой водой. При проведении опыта было исследовано 600 грамм грунта, по 200 грамм каждой пробы соответственно.



Рис. 1. Минеральные зерна размерностью 1-0,5 мм

Исследования показали, что в каждой из трех проб доминируют частицы размерностью менее 0,5 мм (при определении без промывки водой). Проба №1 – 181,15 грамм; проба № 2 – 135,5 грамм; проба № 3 – 126,5 грамм соответственно. В процентном соотношении на долю минеральных зерен размерностью фракции более 0,5 мм приходится: проба № 1 – 9,4 %, проба № 2 – 32,35 %, проба № 3 – 36,75 % соответственно. Применяв способ определения гранулометрического состава, с промывкой водой установлено следующее: в каждой из трех проб преобладают частицы крупностью 0,25-0,1 мм (рис. 2). Их

массовая доля составила 90,05 грамма – проба № 1, 86,7 грамма – проба № 2, 71,15 грамма – проба № 3. Минеральные частицы размерностью менее 0,1 мм составили по каждой пробе 23-25 % от общего содержания фракций 0,5-0,1 и менее 0,1 мм.



Рис. 2. Минеральные зерна размерностью 0,25-0,1 мм

Проанализировав вещественный (минералогический) и механический состав по каждой фракции установлено, что среди минералов преобладают: кварц, полевой шпат, лимонит, роговая обманка (табл. 1).

Таблица 1
Результаты лабораторно-аналитических исследований гранулометрического и минералогического состава образцов пойменной фации аллювия

Ситовой анализ сухого грунта				
№ пробы	Вес пробы, г	Фракция, мм	Вес фракции, г	Минеральный состав, %
1	200,0	5-2	-	-
		2-1	-	-
		1-0,5	18,85	кварц – 88, полевой шпат – 7, амфиболы, роговая обманка – 5
		< 0,5	181,15	кварц – 98, полевой шпат – 2
2	200,0	5-2	2,95	роговая обманка, амфиболы -40, кварц – 33, полевой шпат – 15, биотит – 7, лимонит – 4, пирит – 1
		2-1	2,65	кварц – 55, полевой шпат – 30, роговая обманка, амфиболы – 10, пирит – 5
		1-0,5	71,0	кварц – 80, полевой шпат – 20,
		< 0,5	135,5	кварц – 98, полевой шпат – 2
3	200,0	5-2	0,70	кварц – 90, полевой шпат – 10
		2-1	0,65	кварц – 97, полевой шпат - 3
		1-0,5	72,15	кварц – 95, полевой шпат – 5,
		< 0,5	126,5	кварц – 98, полевой шпат – 2

Из таблицы 1 видно, что в каждой исследуемой пробе в минералогическом составе преобладают зерна кварца (порядка 90 и более %), также встречаются такие минералы, как полевой шпат, роговая обманка (на долю которых приходится менее 10 %). Такой

минералогический состав характерен преимущественно для фракций размерностью от 1-0,5 мм и менее 0,5 мм (рисунок 3). Для фракций размерностью от 5-2 мм и от 2-1 мм характерен более пестрый минералогический состав. Кроме кварца и полевых шпатов встречаются роговая обманка, амфиболы, лимонит.



Рис. 3. Минеральные зерна размерностью менее 0,1 мм

Таким образом гранулометрический и минералогический состав пойменных отложений не отличается разнообразием. Преимущественно фиксируются частицы размерностью от 1-0,5 мм и менее 0,5 мм. В минералогическом составе преобладают зерна кварца, хорошо окатанные, кроме того встречены органические остатки (растительные остатки и ракуш). Отдельные участки речных пойм могут рассматриваться, как потенциальные объекты для добычи различных полезных ископаемых, главным образом песчано-гравийных смесей, строительных и кварцевых песков.

ОЦЕНКА ПУТЕЙ И ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ РУДОНОСНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДАМИ СТРУКТУРНОЙ ПЕТРОФИЗИКИ

В.А. Минаев, В.А. Петров, В.В. Полуэктов

ИГЕМ РАН, Москва

Месторождение Антей, приводимое авторами в качестве примера, локализовано в гранитоидном основании Стрельцовской кальдеры (ЮВ Забайкалье). Месторождение представлено штокверково-жильными крутопадающими рудными телами, приуроченными к ветвям Центральной зоны разломов меридионального простирания с широкой (до нескольких десятков метров) зоной динамического влияния [Лаверов и др., 2008]. Добыча урана на месторождении ведется подземным способом.

Применение методов структурной петрофизики, а именно исследование упругих параметров ориентированных в пространстве образцов в сухом и водонасыщенном состоянии помогает понять

структуру трещинно-порового пространства породы, сделать предположения о механизме миграции рудоносных растворов и рудолокализации на месторождении.

Исследования проводились на горизонтах 9 – 14 месторождения, которые расположены на глубинах от ~550 до 850 м от поверхности. На каждом горизонте были отобраны коллекции ориентированных в пространстве образцов вмещающих пород: гранитоидов, калишпатитов-альбититов и гидрослюдзитов.

Были изучены скорости продольных (V_P) и сдвиговых (V_S) волн в сухом и водонасыщенном состоянии пород. Ориентированные образцы представляли собой кубы с гранью не менее 50 мм. Использовался комплекс аппаратуры, состоящий из генератора-приемника ультразвуковых сигналов «Panametric PR5072» (США) и пары излучателей Р- и S-волн «Panametric» с собственной частотой колебаний 1 МГц. Получаемые волновые картины оцифровывались с помощью осциллоскопа «TiePie508» (Нидерланды). В качестве контактной смазки применялся гель полисахаридов. Скорости волн измерялись в сухом состоянии после просушивания в течение 4 ч и в водонасыщенном после постепенного погружения в воду в течение 7 суток. Практика показывает, что такой способ приводит к полному насыщению образцов низкопористых пород в отличие от «принудительного» водонасыщения в вакууме. Погрешность определения V_P и V_S после калибровки на эталонных образцах кварца и стали не превышала 1% [Минаев и др., 2016].

По результатам измерений авторами была обнаружена директивность скоростей ультразвуковых волн для образцов, отобранных из жилообразных тел калишпатитов и альбититов [Петров и др., 2011]. Общая картина анизотропии упругих свойств массива определяется тремя зонами субширотной ориентировки: северной, центральной и южной. Для северной и южной зон характерны СВ-ЮЗ, а для центральной СЗ-ЮВ направления увеличения скоростей Р- и S-волн при водонасыщении пород. С повышением глубины центральная зона постепенно смещается к югу.

Сравнительный анализ данных показывает, что природа такой анизотропии определяется: элементами прототектоники, задающими субширотную ориентировку тел домезозойских калишпат-альбититовых метасоматитов, неоднородностью распределения напряжений и деформаций в породах при сдвиговых смещениях вдоль копланарных плоскостей субмеридиональных разломов 13 и 160 в мезозойский этап тектогенеза, особенностями современного напряженно-деформированного состояния массива. Наиболее вероятен вариант сочетания перечисленных факторов [Лаверов и др., 2008; Петров и др., 2015]. К тому же эксперименты и петрографические данные указывают на прямую связь между тензором скоростей упругих волн, директивной текстурой пород и ориентировкой флюидопроводящих микротрещин. На основании этого было сделано предположение о

нахождении обогащенных рудных столбов в местах пересечения субширотных тел калишпатитов-альбититов с субмеридиональными рудоподводящими разломами 13 и 160.

В период рудообразования системы микротрещин, подобные тем, что выявляются с помощью ультразвуковых исследований, могли составлять трещинно-поровую систему, которая формировала пути движения рудоносных флюидов.

По результатам измерения скоростей продольных (V_P) волн для исследованных образцов был вычислен эффект водонасыщения $E(V_P)$ [Zamora et al., 1999] по следующей формуле:

$$E(V_P) (\%) = [(V_{P \text{ нас}} - V_{P \text{ сух}}) / V_{P \text{ сух}}] \times 100\%, \text{ где}$$

$V_{P \text{ сух}}$ – скорости продольных волн в сухом состоянии,

$V_{P \text{ нас}}$ – скорости продольных волн в водонасыщенном состоянии.

Эффект водонасыщения показывает разницу в скоростях ультразвуковых волн в сухом и водонасыщенном состоянии. Другими словами, это параметр характеризует количество благоприятных для циркуляции растворов микротрещин и поровых каналов.

Были изучены зависимости эффекта водонасыщения от глубины локализации жилообразных тел калишпатитов-альбититов, гидрослюдизитов и вмещающих неизмененных гранитоидов. Обнаружено различие в упругих параметрах пород, которое связано с ориентировкой систем микротрещин и пор. Их объем характеризуется вариациями значений эффекта водонасыщения, а ориентировка задается направлением макроструктур. В этом контексте на горизонтах месторождения наблюдается следующее: максимальные значения эффекта водонасыщения в образцах домезозойских калишпатитов-альбититов ориентированы в субширотном направлении (ось Y «запад-восток»), а в гидрослюдизитах в субмеридиональном направлении (ось X «север-юг»).

Таким образом, подтверждается предположение, что основные рудные столбы месторождения Антей формировались на пересечении двух преимущественных направлений течения рудоносных растворов, а именно в узлах пересечения тел упруго-хрупких калишпатитов-альбититов и рудоподводящих разломов, сопровождаемых ореолами дорудных гидрослюдизитов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГЕМ РАН по теме «Разработка геолого-генетических моделей формирования месторождений урана для решения проблемы топливного обеспечения атомной энергетики».

Литература

1. Лаверов Н.П., Петров В.А., Полуэктов В.В., Насимов Р.М., Хаммер Й., Бурмистров А.А., Шукин С.И. Урановое месторождение Антей – природный аналог хранилища ОЯТ и подземная геодинамическая лаборатория в гранитах // Геология рудных месторождений. 2008. Т. 50. № 5. С. 387-413.

2. Минаев В.А., Петров В.А., Полуэктов В.В. Напряженно-деформированное

состояние и вариации значений упругих параметров вмещающих гранитоидов молибден-уранового месторождения Антей (Восточное Забайкалье) на разных глубинах // Геофизические исследования. 2016. Т. 17. № 2. С 19-31.

3. Петров В.А., Полуэктов В.В., Насимов Р.М., Щукин С.И., Хаммер Й. Природные и техногенные изменения напряженно-деформированного состояния пород на урановом месторождении в гранитах // Физика Земли. 2009. № 11. С. 86-95.

4. Петров В.А., Ребецкий Ю.Л., Полуэктов В.В., Бурмистров А.А. Тектонофизика гидротермального рудообразования: пример молибден-уранового месторождения Антей, Забайкалье // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 4. С. 327-350.

5. Zamora M., Pezard A. P., Ito H. Anisotropy of elastic and anelastic properties of granites from the Hirabayashui hole, Japan // Proceedings of the International Workshop on the Nojima fault core and borehole data analysis. Tsukuba, Japan, 22-23.11.1999. P. 227-231.

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В СРЕДЕ ARCGIS НА ПРИМЕРЕ БУНГУРО-ЛИСТВЯНСКОГО УЧАСТКА №4 КУЗБАССА

Е.В. Миронова, А.П. Антипова

АО «ВНИГРИуголь», Ростов-на-Дону

Для отображения геологической структуры участков геологоразведочных работ используется двухмерное и трехмерное моделирование месторождений полезных ископаемых с применением различных программных средств: Micromine, ArcGis, AutoCad, CorelDrow и другие.

Для построения 3D-моделей угольных пластов использовались созданные по участку работ: 2D модели, данные картографической и фактографической баз данных: изогипсы пластов, отметки высот, площадь пласта, абсолютные отметки почвы пластов.

Участок Бунгуро-Листвянский №4 входит в состав Листвянского угольного месторождения, расположен в северо-восточной части Бунгуро-Чумышского угленосного района Кузбасса.

В структурном отношении участок приурочен к Суворовской антиклинали, осложненной серией антиклинальных и синклинальных складок – Первой антиклинали, Второй антиклинали, Третьей антиклинали, Суворовской Западной антиклинали, Четвертой антиклинали и т.д. Складчатые структуры угленосных отложений участка поражены немногочисленными, разнообразными по амплитуде тектоническими разрывами, относящихся, в основном, к типу согласных взбросов.

В качестве основы для разработки 2-D и 3-D моделей участка Бунгуро-Листвянский №4 были использованы ArcMap и ArcScene компании ESRI, дающие возможность интеграции данных,

предоставляемых в различных форматах и из разных источников. Все классы пространственных объектов собраны в файловую базу данных, где каждому набору классов пространственных объектов соответствует своя растровая информация.

Тектонические нарушения представлены линейным классом пространственных объектов со стандартным набором атрибутивных данных, не содержащих информацию об отметке пересечения пласта тектоническим нарушением, для получения которой необходимо выполнить интерполяцию отметок подсечения почвы угольного пласта в скважине.

С помощью модуля Geostatistical Analyst методом универсального кригинга построены GRID-модели почвы угольных пластов и маркирующих горизонтов. GRID-модели конвертируются в растры, содержащие Z координату для каждой точки почвы пласта. Далее с помощью инструментов ArcToolbox линейные классы пространственных объектов «тектонические нарушения» преобразованы в точечные .shp файлы. После сопоставления точек сечения пласта тектоническими нарушениями получены недостающие отметки для моделирования тектонических нарушений (рис.). Сеточные модели висячего и лежащего крыльев пласта строятся отдельно.

Данным способом по участку Бунгуро-Листвянский №4 было построено восемь крупных тектонических нарушений взбросового типа, что позволило более наглядно отобразить геологическое строение участка. Кроме того, данная технология может быть использована для построения бортов карьеров и горных выработок.

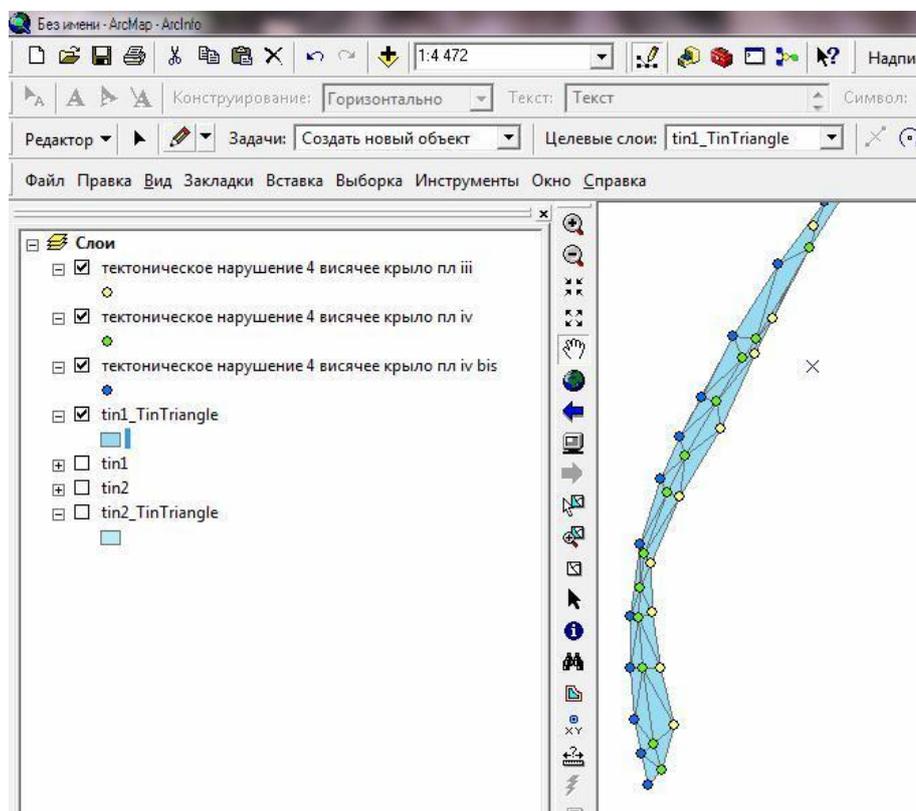


Рис. Пример построения висячего крыла тектонического нарушения

Итак, разработанный метод построения разрывных нарушений позволяет:

- создавать трехмерные модели тектонических нарушений различных типов;
- строить 3D-модель геологической структуры угольного объекта на единой информационной основе с использованием фактографической и картографической баз геоданных.

ТРЕХМЕРНОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА СТРЕЛЬЦОВСКОЙ КАЛЬДЕРЫ (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

И.О. Нафигин, С.А. Устинов, В.А. Петров

ИГЕМ РАН, Москва

Стрельцовская кальдера, сформированная в процессе позднемезозойской тектоно-магматической активизации региона, является элементом Монголо-Охотского складчатого пояса и располагается в юго-восточной части Приаргунского тектонического блока. Она находится в районе сочленения двух мезозойских вулканических поясов – Монголо-Приаргунского и Большехинганского. К кальдере приурочено крупнейшее в России одноимённое урановорудное поле, которое включает девятнадцать урановых и Мо-У месторождений [1]. Согласно федеральным нормам и правилам в области использования атомной энергии НП-064-05 (2005) [4], в связи с активной эксплуатацией месторождений, их отработкой, в том числе подземным способом, в пределах рассматриваемой вулканотектонической структуры необходимо проведение исследований на обнаружение и идентификацию процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения.

Для достижения данной цели должен быть решён целый ряд задач, одной из которых является моделирование вулканогенно-осадочного чехла Стрельцовской кальдеры. Эта задача может быть решена на базе создания трехмерных моделей цифровой поверхности рельефа (ЦМР) и кровли фундамента. Данный процесс, включает в себя сбор, организацию, обработку, анализ, сопоставление и визуализацию геологической и топографической информации и состоит из двух основных этапов: 1) Построение цифровой модели дневной поверхности и кровли фундамента; 2) Создание каркасной модели вулканогенно-осадочного чехла. Полученные результаты моделирования, представленные в виде трёхмерного геоинформационного проекта, в дальнейшем составят основу для прогнозной модели тектонодинамического состояния массивов пород.

Наиболее широко распространенными типами представления поверхности в геоинформационных системах являются GRID и TIN модели, которые повсеместно используются многими видами программного ГИС обеспечения [5]. Каждый при этом имеет свои недостатки и достоинства, которые были учтены при планировании решения поставленной задачи.

Опираясь на исходные данные, учитывая все достоинства и недостатки рассмотренных механизмов моделирования рельефа, было принято решение использовать для построения ЦМР регулярную сеть высот (модель GRID). Во-первых, это связано с использованием свободно распространяемых GRID данных дневной поверхности, предоставляемых Геологической службой США (USGS) с пространственным разрешением 30 м на пиксель [3]. Во-вторых, моделирование на основе оцифрованных изолиний топографической карты сильно уступает по качеству пространственного разрешения данным USGS. В-третьих, при попытке построения TIN модели обширно проявился «эффект террас», который является отрицательным фактором при создании детальной цифровой модели и значительно влияет на точность отображения пространственных данных. Появление подобного эффекта объясняется редкой исходной сетью изолиний поверхности кровли фундамента.

Цифровая модель высот кровли фундамента строилась на основе оцифрованных растровых данных, предоставленных ПАО «ППГХО». В качестве подхода к интерполяции был выбран метод обратно взвешенных расстояний (ОВР). Применение данного метода обосновывается необходимостью корректного определения зон выходов естественных обнажений пород фундамента, которые определяются неискажёнными значениями высот.

Процесс построения каркасной трехмерной модели вулканогенно-осадочного чехла заключался в импорте построенных ранее GRID поверхностей в трехмерный графический редактор, преобразовании и «отсечении» лишних частей заранее созданного примитивного трехмерного объекта в соответствии с формой этих поверхностей. Для решения этой задачи потребовалось конвертировать каждую построенную GRID модель в трехмерный векторный формат (dxf mesh, dxf 3d face/tin file и т.д.), «понятный» программному обеспечению для 3D моделирования (Autodesk, 3ds Max, Maya и т.д.). В большинстве случаев при импорте таких форматов происходит сбой в топологии векторной модели, выражающийся в разрыве связей между гранями в связующих вершинах и появлении ложных вершин, граней и полигонов. Такие нарушения приводят к потере целостности или непрерывности всей модели и в дальнейшем не позволяют произвести булевы операции с такой моделью в редакторе трехмерных моделей. Исправить топологию можно посредством встроенных или внешних модулей (плагинов) программного обеспечения ГИС или 3D моделирования. С

помощью автоматизированных средств не всегда получается добиться «правильной» топологии, особенно если модель является «сложной». В таком случае приходится упрощать модель или корректировать топологию ручным способом. Если проблем с топологией не возникло или она была исправлена, то с помощью трехмерного графического редактора можно корректно «отсечь» часть заранее созданного примитивного объекта, выступающую за GRID поверхность. Таким образом, поверхность объекта унаследует форму или морфологию GRID поверхности.

В результате проведённой работы, за исключением анализа и обработки исходных материалов были решены задачи, связанные со сбором, организацией и визуализацией данных. Кроме того, были решены вопросы о географической привязке топографических, геологических, тектонических, геофизических и других видов карт и схем в единой системе географических координат. Проведена трудоёмкая работа по оцифровке растрового материала. Обоснован выбор метода интерполяции и построения регулярной сети высот. Осуществлено приведение цифровых моделей поверхностей рельефа и кровли фундамента к единой трёхмерной геоинформационной среде с последующим совместным отображением в совокупности с геологическими и схематическими картами для подтверждения точности географической привязки созданных моделей. При создании трехмерной модели вулканогенно-осадочного чехла Стрельцовской кальдеры были решены проблемы, связанные с импортом GRID поверхностей в трехмерный графический редактор, сохранением пространственной привязки и коррекцией топологии векторных данных.

В дальнейшем результаты моделирования будут использованы для проведения детального линеаментного анализа территории [3], примерной оценки протяженности тектонических нарушений на глубину, а также выделения в трёхмерном пространстве структурных блоков с целью прогнозного моделирования тектонодинамических процессов в связи с активной эксплуатацией глубокозалегающих месторождений Стрельцовского рудного поля.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы I.15П фундаментальных исследований Президиума РАН.

Литература

1. Ищукова Л.П., Модников И.С., Сычёв И.В. и др. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье. Иркутск: ГК «Геологоразведка», 2007. 260 с.
2. Общее описание ASTER GDEM. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. 2009. URL: <http://gis-lab.info/qa/aster-gdem.html>. Дата обращения: 5.11.2016.
3. Устинов С.А., Петров В.А. Использование детальных цифровых моделей рельефа для структурно-линеаментного анализа (на примере Уртуйского гранитного массива, ЮВ Забайкалье) // Геоинформатика. 2016. №2. С. 51-60.
4. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на

объекты использования атомной энергии (ОИАЭ)» – НП-064-05. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: 2005. 48 с.

5. Хромых В.В., Хромых О.В. Цифровые модели рельефа. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 178 с.

МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИХ ОБОГАТИМОСТЬ

М.А. Некрасова, В.Е. Жукова

ФГБУ «ВИМС», Москва

По запасам железных руд Россия занимает первое место в мире, главным геолого-промышленным типом являются железистые кварциты. Руды в большинстве своем характеризуются невысоким качеством. Такие руды обычно являются труднообогащаемыми и требуют тщательной минералого-технологической оценки и комплексного подхода в изучении минерального состава для создания эффективных технологий обогащения. Современные минералого-аналитические методы позволяют получать значительно более полную информацию о минералах и рудах в целом, а следовательно, разрабатывать рациональные технологии их обогащения с получением кондиционных концентратов даже из руд, ранее считавшихся небогатимыми. При этом, получение наиболее полной информации о составе, структуре и свойствах руд возможно только с учетом их генезиса, путем изучения типоморфных особенностей рудообразующих минералов.

Изучение особенностей вещественного состава железных руд Верхне-Омолонского рудопроявления, а также Михайловского железорудного месторождения (КМА), позволило выявить минералого-технологические особенности, оказывающие непосредственное влияние на процессы обогащения и поведение минералов в них.

Верхне-Омолонское железорудное проявление расположено на левобережье нижнего течения р. Ольдяни недалеко от места ее впадения в р. Омолон. Административно район работ относится к Дальневосточному Федеральному Округу, Магаданской области, Северо-Эвенский район.

Магнетитовая руда Верхне-Омолонского рудопроявления представляет собой метасоматические породы полосчатой, реже массивной, прожилково-вкрапленной и пятнистой текстуры, насыщенные в различной степени магнетитом, содержание которого достигает 60%. Структура руды неравномернозернистая, аллотриоморфнозернистая.

Форма зерен магнетита аллотриоморфная, размер зерен и их агрегатов варьирует от 0,005 до 4 мм. Реже в руде магнетит присутствует в виде индивидуализированных идиоморфных зерен размером от 0,004 до 0,05 мм.

Для магнетита характерно неравномерное развитие мартитизации, кавернозность, а также большое количество включений порообразующих минералов.

Неоднородность магнетита (многочисленные включения порообразующих фаз, характеризующиеся изрезанными границами) а также обилие каверн разного размера и формы, влияют на плотность и хрупкость магнетита, что способствует концентрации магнетита в тонких классах при обогащении, и оказывает негативное влияние на обогатимость руд.

Михайловское месторождение Курской магнитной аномалии находится вблизи г. Железногорска Курской области, в 400 км северо-западнее г. Курска. В верхней части месторождения развита кора выветривания окисленные железистые кварциты с содержанием Fe 38-40% и богатые железные руды с содержанием Fe 54,8%.

Железистые кварциты Михайловского месторождения характеризуются сложным минералогическим составом. Главные рудные минералы магнетит, гематит интенсивно переотложены и перекристаллизованы. Ввиду таких существенных изменений невозможно четко индивидуализировать магнетит и гематит. В основном распространены агрегаты сложного магнетит-гематитового состава: мушкетовитизированный гематит, мартитизированный магнетит и т.д. с включениями и реликтами магнетита в центральных частях зерен.

Для кварцитов характерны широко распространенные полосчатые текстуры, также отмечаются микроплойчатость, микроскладчатость, будинирование, дробление слоев, микротрещиноватость. Массивные и вкрапленные руды встречаются редко. Структуры замещения, цементации, переотложения и перекристаллизации связаны со сложными взаимоотношениями и тектоническим перераспределением вещества в породе. На отдельных участках месторождения развиты интенсивные процессы окисления, сопровождающиеся широким распространением гидроксидов железа.

Преимущественная форма нахождения магнетита и мартитизированного магнетита – изометричная, гематита и мушкетовитизированного гематита – призматическая. Размеры индивидов различны для магнетита и гематита. Мартитизированный магнетит характеризуется более крупнозернистыми размерами размером 0,08-0,1 мм, а мушкетовитизированный гематит представлен более тонкими размерностями 0,05-0,08 мм. Для магнетита и гематита также характерен разброс значений. Так в одних образцах средний размер магнетита 0,02-0,06 мм, а гематита 0,08-0,1 мм. В других наоборот, размеры магнетита варьируют в пределах 0,08-0,1 мм, а гематита – 0,04-0,08 мм. Магнетит в основном представлен индивидуализированными зернами, а гематит часто встречается в виде сростков мирмекитоподобных зерен дендритно-скелетного, ветвисто-дендритного и др. облика.

Минералогические особенности руды, в первую очередь

взаимоотношение главных рудообразующих минералов, характер их сростания, предопределяет снижение удельной магнитной восприимчивости магнетита, что в свою очередь приведет к снижению качества продуктов, и будет способствовать концентрации магнетита в тонких классах. Неоднородность текстурно-структурных характеристик руды также будет усложнять технологические параметры обогащения.

Таким образом, на примере изученных руд можно сделать следующие выводы:

Маггемитизация и гематитизация приводят к снижению удельной магнитной восприимчивости, что отрицательно влияет на процесс магнитного обогащения (часть рудных минералов уходит в немагнитную фракцию).

Микроскопические включения породообразующих минералов приводят к снижению плотности и удельной магнитной восприимчивости магнетита, что отрицательно влияет на процессы магнитного обогащения, и приводит к снижению содержания железа в продукте.

Кавернозное строение магнетита способствует повышению хрупкости, снижению плотности минерала, что отрицательно влияет на магнитное обогащение, приводя к увеличению выхода тонкого класса, засорение концентрата породообразующими минералами вследствие флокуляции.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ НИЧАТСКОГО ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РУДНОГО УЗЛА

Л.О. Несмеянов, Н.А. Гребенкин

ФГБУ «ВИМС», Москва

При выделении площадей, перспективных на обнаружение новых промышленно значимых месторождений полезных ископаемых, важную роль играет составление предварительных геолого-поисковых моделей ожидаемых формационных типов оруденения, сочетающих в себе комплекс прогнозных критериев и признаков, а также их сопоставление с критериями и признаками известных рудных объектов в пределах традиционных горнодобычных районов.

Одной из площадей, перспективных на обнаружение золотого и золото-уранового оруденения, является территория Ничатского потенциального рудного узла, расположенного на севере Забайкальского края [4].

В геологическом строении района принимают участие нижнепротерозойские кристаллические сланцы кодарской серии и лейкократовые граниты ничатского комплекса, а также

перекрывающие их рифейские осадочно-метаморфические отложения Березовского прогиба.

В позднеюрско-раннемеловое время в пределах рассматриваемой территории неоднократно проявились процессы тектоно-магматической активизации, выразившиеся в подновлении региональных долгоживущих разломов, заложении разрывных нарушений более высоких порядков и внедрении штоков, даек и силлов щелочных и субщелочных пород. Их размещение контролируется многошовными региональными разломами Жуинским субмеридионального простирания и Атбастах-Торгойским северо-восточного простирания. Мезозойские магматические породы получили наибольшее распространение в структурах Березовского прогиба, где по данным аэромагнитной съемки предполагается наличие нескрытых эрозией интрузивных тел [2].

На площади не проводилось детальных поисковых работ, ориентированных на выявление золотого оруденения [1], тем не менее, работами предшественников установлены проявления двух рудно-формационных типов золотого оруденения – золото-сульфидно-кварцевого и золото-уранового в гумбеитах [1, 2, 3].

Характерным представителем золото-сульфидно-кварцевой формации является рудопроявление Горное, выявленное в результате поисково-съёмочных работ масштаба 1:50 000 в бассейне р. Богаюкта. Рудопроявление локализовано в теле и экзоконтактовых зонах штока сиенитов и сиенит-порфиров, прорывающих песчаники, алевриты и углеродистые сланцы среднего рифея. Оруденение приурочено к кварцевым жильно-прожилковым зонам с содержанием золота до 9,5 г/т и сопровождается интенсивно проявленными процессами гидротермально-метасоматических изменений пород. Рудопроявление Горное входит в состав рудного узла Богаюкта с апробированными прогнозными ресурсами золота категории P_3 – 50 т со средним содержанием золота 3,0 г/т.

По комплексу прогнозно-поисковых критериев и признаков (структурно-тектоническим, формационным, морфологическим, минералогическим, гидротермально-метасоматическим, геохимическим, геофизическим) проявление Горное может рассматриваться как аналог Морозкинского месторождения (Гора Рудная) Лебединского рудно-россыпного узла Центрально-Алданского рудного района с утвержденными запасами золота по сумме категорий C_1+C_2 17,3 т.

Золото-урановая формация в гумбеитах является одной из ведущих и определяет промышленную золотоносность западной части Алданского щита [3].

Ореолы развития региональной рудоперспективной на золото, серебро и уран метасоматической формации мезозойских пирит-карбонат-кварц-калишпатовых метасоматитов (гумбеитов) закартированы на юге Ничатского потенциального рудного узла [3].

Поля развития гумбеитов, несущих золото-урановое оруденение,

установлены в экзо- и эндоконтактных зонах даек сиенит-порфиров, вскрытых в среднем течении р. Богаюкта на рудопроявлениях Ширик, Били, Фланговое, Центральное и Узловое [1].

Рудопроявления локализируются в узлах пересечения Атбастах-Торгойского и Жуинского региональных разломов, подновленных в процессе мезозойской тектоно-магматической активизации. Они сгруппированы в единую протяженную структуру длиной около 20 км, вытянувшуюся вдоль Жуинского линейного элемента [1].

Мезозойские рудные гидротермально-метасоматические образования представлены кварц-пирит-карбонат-калишпатовыми метасоматитами (гумбеитами), а также брекчиями с кварц-пирит-флюорит-карбонатным цементом и приурочены к областям распространения даек сиенит-порфиров.

По составу окколорудных метасоматитов, минеральному типу руд и структурной позиции рудопроявления имеют значительное сходство с месторождениями Эльконского урановорудного района.

Большинство выявленных в ходе ранее проведенных работ рудопроявлений золота в пределах Ничатского потенциального рудного узла до настоящего времени остались слабо изученными. Для оценки промышленного потенциала площади необходимо проведение комплексных прогнозно-минерагенических работ, ориентированных на выявление рудных полей с золото-сульфидно-кварцевым и золото-урановым в гумбеитах оруденением.

Планируемый комплекс геологоразведочных работ, включающий геологические, геохимические и геофизические исследования, позволит уточнить геолого-поисковые модели золотого и золото-уранового оруденения, а также реализовать прогнозный потенциал площади и выявить объекты ранга рудного поля, перспективные на обнаружение золото- и урановорудной промышленной минерализации.

В пределах Ничатского потенциального рудного узла прогнозируются выявление нескольких малых и средних месторождений золота, аналогичных Морозкинскому (Гора Рудная), а также комплексных золото-урановых объектов типа зоны Южная Эльконского урановорудного района.

Литература

1. Гребенкин Н.А. Геолого-генетические особенности гидротермально-метасоматических урановых концентраций в Чарском районе, дис. канд. геол.-мин. наук. Москва, ВИМС, 2013.

2. Зайцев С.У. и др. Поиски месторождений урана в западной части Березовского прогиба и его обрамлении в Чарском урановорудном районе (Иркутская область) (Отчет по объекту № 1-07/07). Усть-Куда: ОАО «Сосновгео», 2010 (Росгеолфонд).

3. Макарьев Л.Б., Митрофанов Г.Л., Митрофанова Н.Н., Пай В.М., Семейкина Л.К. и др. Объяснительная записка к листу О-50 Государственной геологической карты РФ масштаба 1:1000 000 (третье поколение). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010.

4. Несмеянов Л.О., Гребенкин Н.А. Перспективы выявления золотого

оруденения в пределах Ничатского потенциального рудного узла, материалы V международной конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2017.

СОЗДАНИЕ МУЛЬТИМАСШТАБНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ

Ю.С. Новикова, В.Г. Смелов, М.В. Мартилов, Е.А. Белявцева

ФГБУ «ВИМС», Москва

Для решения научно-прикладных или производственных задач в геологии необходима информация об особенностях изучаемой территории. Это информация об автомобильных и железных дорогах, аэропортах, речных и морских путях, заповедниках, охранных зонах, месторождениях, лицензиях, выданных недропользователям, промышленных предприятиях, трубопроводах и т.д. Она позволяет проводить анализ, планировать геологоразведочные работы и прогнозировать эффективность освоения территории.

Для эффективного решения таких задач применяются геоинформационные системы, особенностью которых, в отличие от других графических векторных редакторов, таких как CorelDraw или Adobe Illustrator, является оперирование географически привязанной пространственной и атрибутивной векторной или растровой информацией. Пространственные данные несут в себе информацию о географическом положении объекта. Примерами могут послужить месторождения, контуры лицензий и т.д. Все объекты на карте классифицированы по слоям и располагаются в соответствии с присвоенными координатами. Это позволяет с достаточной степенью точности рассчитать геометрию объектов или их взаимное расположение, к примеру, расстояние от месторождения до ближайшего города по дороге. К пространственной информации в ГИС-проекте привязаны атрибутивные данные, которые несут в себе информацию о свойствах объекта. Для упомянутых выше месторождений это могут быть вид полезного компонента, количество балансовых и забалансовых запасов и т.д.

Для облегчения картосоставительских работ различного содержания (создание обзорных, инфраструктурных карт, карт фактов и т.д.) создан универсальный инструмент в виде мультимасштабного картографического проекта.

В ФГБУ «ВИМС» были собраны и унифицированы растровые и векторные картографические материалы для построения топографической и инфраструктурной основы в программе ArcGIS фирмы ESRI. Часть материалов была приобретена в Росгеолфонде, часть получена из открытых источников ВСЕГЕИ, прочая информация

была скомпилирована из большого числа несистематизированных источников. В постоянном режиме производится актуализация имеющихся векторных данных и атрибутивных таблиц по материалам Росреестра, спутниковым данным и прочим достоверным источникам. Проводится мониторинг состояния всех имеющихся объектов. К примеру, с течением времени меняются названия населенных пунктов, классы аэропортов, контуры заповедников и т.д. Все эти изменения отслеживаются и корректируются в соответствующих слоях ГИС-проекта. Также производится согласование границ объектов, полученных из разных источников. К примеру, контуры районов РФ, векторизованные в Росгеолфонде, не совпали с контурами областей, векторизованными во ВСЕГЕИ. В данном случае для согласования районов с областями производилась повторная векторизация границ районов. Каждый имеющийся слой был проверен на топологию (непрерывность и связность пространства) и откорректирован. После проверки и коррекции из слоев формировались отдельные блоки для разных масштабов. В соответствии с инструкцией по составлению геологических карт в них производилось сгущение или разряжение объектов и коррекция точности их построения. Таким образом, мы получили наборы слоев географической и инфраструктурной информации для территории РФ для масштабов 1:1000 000-1:2500 000, 1:2500 000-5000 000, 5000 000-10 000 000, 10 000 000-15 000 000, 15 000 000-30 000 000.

Из этих блоков был сформирован единый ГИС-проект мультимасштабная картографическая основа. Проект содержит слои с географо-административной и инфраструктурной информацией. В каждом слое есть атрибутивная таблица, которая является базой данных с информацией об объектах.

В дальнейшем планируется разработка слоев с промышленными предприятиями, месторождениями и лицензиями, а также более крупных масштабов картографической основы.

Особенностями мультимасштабной картографической основы являются:

- системность (и, как правило, серийность) создания карт,
- оперативность картографирования.

Данные свойства являются необходимыми при выполнении работ по государственному заданию, когда в кратчайшие сроки нужно предоставить картографический материал.

Для создания карты по интересующему участку нужно открыть данный проект, выбрать масштаб и территорию. Мы получим топографическую и инфраструктурную основу по данной области. В зависимости от специализации карты в проект можно добавить дополнительные данные, например, с геологическим строением или фактографическими материалами.

Данный подход к созданию векторных карт значительно оптимизировал на предприятии работы по картографическому обеспечению.

ПРОДУКТЫ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НАТРИЙ-АЛЮМОФOSФATНОЙ СТЕКЛОМАТРИЦЫ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.М. Первухина

ИГЕМ РАН, Москва

Условием устойчивого развития атомной энергетики является эффективное решение проблемы обращения с радиоактивными отходами. В Российской Федерации (РФ) в год производится и завозится из-за рубежа \cong 800 т отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), перерабатывается порядка 150 – 200 т ОЯТ в год с образованием жидких высокорadioактивных отходов (ВАО). Эти ВАО представляют собой концентрированные кислые растворы с высоким содержанием радиоактивных изотопов, в том числе продуктов деления и актинидов с высокими значениями периода полураспада [1]. Задача обращения с ВАО отличается особой сложностью, поскольку они, в отличие от отходов химической промышленности, не могут быть переработаны в экологически безопасные вещества. ВАО содержат трансурановые изотопы с большими периодами полураспада (^{237}Np , ^{239}Pu , ^{243}Am), и продолжают оставаться опасными для экосферы через тысячи и даже миллионы лет. Наиболее перспективной стратегией обращения с ВАО является их захоронение в подземных хранилищах на глубине нескольких сотен метров [2, 3] в составе матрицы, устойчивой к воздействию вод [4]. В качестве матриц ВАО используются алюмофосфатные или боросиликатные стекла. В нашей стране с 1987 г. иммобилизация жидких ВАО в натрий-алюмофосфатной стекломатрице (Na-Al-P) производится на ПО «Маяк» (Челябинская область).

Перед окончательным размещением в подземном хранилище остеклованные ВАО в течение нескольких десятков лет находятся во временных хранилищах. Это продолжается до тех пор, пока тепловыделение в них не снизится до приемлемого уровня. При этом можно ожидать повышения температуры ВАО до 300–400°C. Исследование Na-Al-P стекломатриц с имитаторами ВАО проводилось во многих работах [5-7]. По данным [5] при нагревании до температур менее 450°C раскристаллизация Na-Al-P стекол не отмечается. Однако эти данные получены в сухом воздухе, тогда как контакт с водяным паром может привести к раскристаллизации стекломатриц ВАО при меньших температурах.

В данной работе проанализировано изменение Na-Al-P стекла, аналогичного использовавшемуся на ПО «Маяк», после выдержки при повышенных температурах во влажном воздухе и исследована устойчивость раскристаллизованных стекол при взаимодействии с водой. В качестве аналогов радионуклидов в состав стекла вводились стабильные изотопы Ni, Cs, Sr и U. В качестве нерадиоактивных

имитаторов актинидов в стекла добавляли их геохимические аналоги: Се и Nd.

Образец стекла сначала исследовался на аналитическом сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) модели JSM-5610LV с энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) INCA-450 для анализа его однородности. Затем он помещался в титановый автоклав с фторопластовой вставкой и выдерживался при 300°C в ненасыщенном паре (отн. влажность – 67%) в течение суток, после чего поверхность части образца и ее поперечный срез исследовались методом СЭМ / ЭДС анализа для оценки изменений. После этого образец помещался в автоклав с дистиллированной водой и выдерживался в термостате при температуре 90°C в течение 44 суток. Аналогичные эксперименты проводились для исходного неизмененного образца Na-Al-P стекла.

В существующих моделях распространения радиоактивного загрязнения в подземной среде рассматривается перенос радионуклидов подземными водами в виде растворенной компоненты (в ионной форме). Сопоставление результатов моделирования с данными радиационного мониторинга на участках значительного радиоактивного загрязнения показали, что реальная скорость его распространения может значительно превышать величину, рассчитанную методом моделирования. Как оказалось, это связано с тем, что подземные воды переносят значительную часть радионуклидов не в ионной, а в коллоидной форме [8]. Формы продуктов выщелачивания стекла (доля фракции коллоидных частиц определенного размера) устанавливали путем фильтрации раствора через мембраны с диаметрами пор 450, 200, 100 и 25 нм. Концентрации элементов, перешедших в раствор в результате выщелачивания неизмененного и измененного образцов, определялись в аликвотах фильтратов методом масс-спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS).

Анализ вторичных отложений продуктов выщелачивания из раствора на поверхности стекла проводился с помощью высокоразрешающего просвечивающего электронного микроскопа JEM-2100 с ЭДС IETEM INCA-350.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы. Временное хранение остеклованных ВАО в условиях повышенной температуры и влажности приведет к раскристаллизации значительной части матрицы. В результате этого при размещении ВАО в подземных хранилищах может существенно снизиться устойчивость матрицы к выщелачиванию подземными водами. При этом в продуктах выщелачивания уран, стронций и актиниды находятся в составе коллоидных частиц, обладающих более высокой миграционной подвижностью в геологической среде по сравнению с растворенными формами этих элементов. Данное обстоятельство необходимо учитывать при оценке долговременного поведения геологического хранилища ВАО и его безопасности.

Литература

1. Лаверов Н.П., Омельяненко Б.И., Величкин В.И. Геоэкологические аспекты проблемы захоронения радиоактивных отходов // Геоэкология. 1994. №6. С.3-20.
2. Krauskopf K.B. Geology of high-level nuclear waste disposal // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1988. Vol.16. P.173–200.
3. End points for spent nuclear fuel and high-level radioactive waste in Russia and the United States / Committee on End Points for Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste in Russia and the United States. Washington, DC: National Academies Press, 2003. 137 p.
4. НП-093-14. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения. М.: Ростехнадзор, 2014.
5. Вашман А.А., Демин А.В., Крылова Н.В. и др. Фосфатные стекла с радиоактивными отходами / Под ред. А.А. Вашмана, А.С. Полякова. М.: ЦНИИАтоминформ, 1997. 172 с.
6. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Омельяненко Б.И. и др. Изоляция отработавших ядерных материалов: геолого-геохимические аспекты. М.: ИФЗ РАН, 2008, 280 с.
7. Мартынов К.В., Константинова Л.И., Захарова Е.В. Влияние температуры на выщелачивание модельного фосфатного стекла с имитаторами радиоактивных отходов // Вопросы радиационной безопасности. 2015. №4. С.10–21.
8. Kersting A.B., Efurud D.W., Finnegan D.L., Rokop D.J., Smith D.K., Thompson J.L. Migration of plutonium in ground water at the Nevada Test Site // Nature. 1999. V.397. N1. P.56-59

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВАРИАЦИЙ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПИРОХЛОР-МОНАЦИТ-ГЁТИТОВЫХ РУД ЧУКТУКОНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ПРИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ МАЛЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

Н.А. Пермякова, Н.А. Сычева

ФГБУ «ВИМС», Москва

Одной из задач геологоразведочных работ является изучение качества руд, закономерностей их изменчивости в пределах месторождения и в конечном итоге определение запасов руд по различным типам руд. Одним из путей для достижения при разведке месторождений необходимой полноты и достоверности изучения технологических свойств руд является дополнение существующей методики технологической оценки запасов комплексом исследований посредством геолого-технологического картирования. В рамках проведения геолого-технологического картирования технологические свойства руд изучают на пробах, которые различаются по целевому назначению, массе и объему исследований.

Объектом исследования являлись 30 малых технологических проб (МТП) пирохлор-монацит-гётитовых руд Чуктуконского рудного поля, расположенного на юго-западе Сибирской платформы в южной

части Чадобецкого поднятия и приуроченного к латеритным корам выветривания карбонатитов.

Руды характеризуются полиминеральным составом и представлены тонкодисперсными охристыми и глинисто-охристыми образованиями. Главными рудными минералами являются гётит и гематит, присутствующие преимущественно в тесной ассоциации друг с другом, содержание которых составляет для большинства малых технологических проб руды – 56–79 %. Ниобиевую минерализацию несут минералы группы пирохлора, редкие земли представлены флоренситом и монацитом. Главными рудными компонентами по их количеству и ценности являются редкоземельные элементы (РЗЭ+Y) и Nb.

В корях выветривания карбонатитов выделены следующие природные разновидности руд: охры (охристые глины и глины охристые), дезинтегрированные карбонатиты, бурые железняки. В осадочных породах мел-палеогенового возраста в качестве природных разновидностей выделены глины: серые каолиновые и черные марганцовистые.

Определяющим признаком для разделения малых технологических проб руды Чуктуконского рудного поля по типам является их химический состав. 10 МТП относятся к существенно железным, редкоземельным, главным рудообразующим минералом которых является гётит, содержание которого колеблется от 57-80%. Однако, для 4-х из них главным рудообразующим минералом является кальцит. Другие 10 МТП относятся к существенно марганцевой ассоциации, различающиеся по содержанию P_2O_5 (руда относится к гётитовому типу). Еще 10 МТП являются существенно железными, ниобий-редкоземельными, 6 из которых обеднены P_2O_5 , а 4 -обогащены. Кроме этого, руды последних 10 МТП различаются тем, что одна из них относится к гематитовому типу, а остальные – к гётитовому.

Исследования по оценке влияния вариаций вещественного состава пирохлор-монацит-гётитовых руд проводили в едином технологическом режиме по моделирующей гидрометаллургической схеме. Переработка осуществлялась посредством автоклавного азотнокислого выщелачивания с последовательным повышением температуры ($C_{HNO_3}=20\%$; $t(I \text{ стадия})=140^\circ C$, $t(II \text{ стадия})=180^\circ C$; $t=2 \text{ часа}$; $T:Ж=1:4$).

Результаты технологических исследований показали четкую селекцию РЗЭ от основной массы железа и фосфора. В азотнокислом растворе концентрируются редкие земли и основная масса марганца, при этом невысокое извлечение марганца для некоторых проб может быть связано с сорбированием его на поверхности гидроксидов железа, а также с образованием Mn-силикатов. В кек от выщелачивания переходит ниобий, фосфор и железо. Отмечена определенная корреляция между содержанием Fe_2O_3 в исходной пробе и его извлечением в азотнокислый раствор: с увеличением содержания Fe_2O_3 возрастает его извлечение в раствор. Следует отметить, что U и Th в чуктуконских рудах вряд ли представляют

промышленный интерес как самостоятельные полезные компоненты руды в виду их достаточного низкого содержания. Радиоактивные элементы наряду с РЗЭ концентрируются в азотнокислом растворе, дальнейшая дезактивация которого осуществляется по стандартной технологии при экстракционном переделе.

Таким образом, по результатам проведенных технологических исследований на малых технологических пробах пирохлор-монацит-гётитовых руд Чуктуконского рудного поля установлено, что по технологическим свойствам при извлечении РЗЭ и ниобия руды могут быть отнесены к одному технологическому типу, однако выделяются технологические сорта. Соотношение содержаний РЗЭ, ниобия, железа, марганца и фосфора определяет качество руд и выбор способа их дальнейшей переработки.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ТИПА «НЕСОГЛАСИЯ» В ПРЕДЕЛАХ ВОРОГОВСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

И.Е. Полунина
ФГБУ «ВИМС», Москва,

В географо-административном отношении Вороговская площадь находится в Красноярском крае, в 200 км севернее г. Енисейска. В региональном геолого-структурном плане она расположена на севере Енисейского мегаантиклинория в пределах Центрального мегаблока устойчивого воздымания [3]. Геологический разрез рассматриваемой территории сформирован породами кристаллического фундамента, представленными архей-раннепротерозойскими гнейсами, сланцами и мраморами, перекрытыми с угловым и стратиграфическим несогласием терригенно-эффузивными и терригенно-карбонатными отложениями рифейского протоплатформенного чехла. В верхнерифейское время в районе неоднократно проявлялись тектоно-магматические активизационные процессы, выраженные локализацией субвулканических тел щелочно-кислых пород захребетинского комплекса и дайкообразных тел ультрабазитов сурнихинского комплекса.

Проведенный прогнозно-минерагенический анализ по Вороговской площади позволил установить геологическое сходство по ряду позиций с выделенным в качестве эталонного урановорудным районом (УРР) Аллигейтор-Риверс.

1. В пределах Вороговской площади известны золото-урановое рудопроявление Кутукасское, а также рудопроявления урана Ясное, Июньское, Полярное и свинцово-цинковый объект – Захребетное. В пределах УРР Аллигейтор-Риверс располагаются крупные месторождения урана: Набарлек, Рейнджер, Кунгарра и Джабилука,

нередко с промышленным золотым оруденением. В пределах эталонной территории, на отработанном месторождении урана Рам-Джангл, в рудах отмечаются медь, свинец и цинк [4].

2. В пределах рассматриваемого и эталонного районов урановые объекты, располагаясь преимущественно в фундаменте, контролируются тектоническими нарушениями (сбросы, взбросы и надвиги), которые смещают и деформируют предрифейскую зону структурно-стратиграфического несогласия (СН).

3. Рудовмещающие комплексы пород на Вороговской площади представлены архей-раннепротерозойскими углеродсодержащими сланцами и биотит-полевошпатовыми гнейсами. Схожие по химическому, минеральному составу и возрасту образования формации Кэхил, представляющие собой отдельные горизонты углеродистых сланцев в известково-силикатных породах, вмещают урановое оруденение на объектах Аллигейтор-Риверс.

4. Рудовмещающие комплексы пород и непосредственно рудные объекты тяготеют к краевым частям купольных поднятий. В УРР Аллигейтор-Риверс – к куполам Нанамбу и Нимбуваг, на Вороговской площади – к Кутукасскому куполу, становление которого происходило до верхнерифейского времени включительно. В геологическом строении купола Нанамбу принимают участие граниты, гранито-гнейсы, купола Нимбуваг – граниты, гранитоиды, гранит-порфиры, чарнокиты и мигматиты [2], Кутукасского купола – граниты и сиениты [1].

5. Как отмечено выше, в верхнем рифее Вороговская площадь была подвержена ТМА. Аналогично, в УРР Аллигейтор-Риверс в рифее также проявились неоднократно процессы ТМА, маркируясь внедрением кварцевых долеритов, фонолитов и других, преимущественно базитового состава, комплексов пород [2].

6. На Вороговской площади дорудные и рудосопровождающие метасоматиты представлены биотит-флогопит-кварцевыми, кварц-мусковит-серицитовыми, кварц-серицит-гидрослюдистыми ассоциациями [1]. В УРР Аллигейтор-Риверс околорудный метасоматоз проявлен хлорит-гематит-серицитовыми и хлорит-карбонатными образованиями [2].

7. Рудная минерализация на Вороговской площади представлена уранинитом, браннеритом, настураном, пиритом, галенитом, пирротинитом и сфалеритом [1]. В эталонном районе к числу главных рудных минералов относятся: настуран, уранинит, коффинит и браннерит, а также самородное золото, гематит, пирит, халькопирит и сфалерит [2].

8. Формирование уранового оруденения на Вороговской площади происходило многоактно, абсолютный возраст оруденения дискретно варьирует от 1450 до 920 млн. лет [1]. Абсолютный возраст уранового оруденения на эталонных объектах установлен в пределах от 1600 до 500 млн лет [2]. На Вороговской площади, в рудных зонах и телах, кроме урана, отмечается повышенное содержание Bi, Cu, Pb, Zn, Mo и Au. В урановых рудах месторождений Аллигейтор-Риверс концентрируются

Yb, Pb, Be, Y, Sc, Cu, Nd, Mo, Li, V, Zn, а также Au, которое на месторождении Джабилука имеет промышленную ценность [4].

Проведенный анализ данных по Вороговской площади и сопоставление с эталонными месторождениями типа «несогласия» УРР Аллигейтор-Риверс позволяют сделать вывод о сходных условиях образования данных территорий, а также формирования рудных и потенциально рудных объектов.

Автор выражает благодарность главному геологу СФ «Березовгеология» к.г.-м.н. Долгушину А.П. за предоставленный материал, а также зав. отделом урана, редких металлов и горючих ТПИ ФГБУ «ВИМС» к.г.-м.н. Гребенкину Н.А. и ведущему специалисту Мельникову С.И. за поддержку и ценные консультации.

Литература

1. Долгушин А.П. Диссертация на тему: Условия формирования и локализации уранового и золото-уранового оруденения в докембрийских формациях Северо-Енисейского района. ФГУП СНИИГГиМС г. Новосибирск, 2009.
2. Лаверов Н.П., Винокуров С.Ф. «Условия образования крупных полихронных месторождений урана». Итоги науки и техники. Рудные месторождения. Том 21. М., 1998. Стр. 16, 40, 57-59, 100-102, 123.
3. Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К. и др. Уран российских недр. М., ВИМС, 2010.
4. Тарханов А.В., Бугриева Е.П. Крупнейшие урановые месторождения мира. ФГУП «ВИМС», М., 2012. Стр. 34.

ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ В ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ

Д.А. Прохоров¹, С.А. Дзядок², А.В. Петрин¹
ФГБУ «ВИМС», Москва,

1 – ФГБУ «ВИМС», Москва, 2 – АО «Урангео», Иркутск

Район площадью 8000 км² в административном плане расположен в республике Бурятия (Баунтовский район) в 160 км к северу от г. Чита. В орографическом отношении он размещается в центральной части Витимского плоскогорья, характеризующегося низкогорным таежным ландшафтом, на водоразделе рек Витим, Большой Амалат, Амалат, Ципикан. Формирование Витимского урановорудного района (ВУРР) происходило в несколько этапов. В 1959 г. по материалам аэропоисковых работ 1957 года было выявлено Имское месторождение урана, которое оценивалось и разведывалось специально созданной для этого экспедицией №130 в период с 1963 по 1975 гг. и окончательно определилось как крупный рудный объект с бедными рудами и не вполне ясной технологией отработки. Но

основной рудный потенциал Витимского района определился после выявления серии однотипных гидrogenных месторождений урана в неогеновых палеодолинах, перекрытых базальтами Амалатского плато. Вначале это были одиночные месторождения: Джилиндинское (1974 г., Бурятское ПГО), Родионовское (1976 г., экспедиция №130), затем в 1980-1987 гг. экспедиция №130 выявила целую группу месторождений, составляющих Хиагдинское рудное поле (ХРП). В период с 1983 по 1986 гг. была выполнена их предварительная разведка и опытным путем определена возможность отработки методом ПВ. В период начиная с 2003 года в районе проводились поисковые работы и разведка месторождений Хиагдинского рудного поля.

Оруденение палеодолинного «витимского» типа в неогеновых палеодолинах на Амалатском плато Витимского плоскогорья составляет основу МСБ Витимского УРР. На базе месторождений Хиагдинского рудного поля успешно работает добывающее предприятие АО «Хиагда». Анализ большого количества ранее проведенных ГРР в районе, показал высокую степень достоверности оцененных ресурсов уже на ранних стадиях работ, подтверждаемых при дальнейших поисковых, оценочных и разведочных работах, завершенных подсчетом балансовых запасов. В соответствии со значительным ресурсным потенциалом и реальным освоением Хиагдинского рудного поля целесообразным является продолжение поисковых работ на оруденение палеодолинного «витимского» типа. В зависимости от степени изученности территории и проявленности прямых признаков уранового оруденения, работы предполагается выполнять в разных масштабах в две стадии. Имеющийся к настоящему времени опыт доказывает эффективность такого подхода, когда вначале опосковываются значительные территории, как правило, бассейны палеодолин первого порядка с многочисленными палеопритокарами второго и более высоких порядков, ранга рудных узлов, с выделением рудоносных бассейнов, систем сближенных палеодолин с прямыми признаками ураноносности. Затем, на втором этапе, выполняются поисково-оценочные работы с геотехнологическими, гидрогеологическими, инженерно-геологическими исследованиями на определившихся перспективных участках.

В соответствии с этим, в настоящее время разработана среднесрочная программа поисковых работ в Витимском урановорудном районе с целью расширения и совершенствование минерально-сырьевой базы урана.

Наиболее обоснованными представляются работы на следующих объектах:

1. Поиски месторождений урана, пригодных для отработки способом ПВ на Атасейской площади Витимского урановорудного района. Целевое назначение работ: выявление урановорудных

объектов с ресурсами урана не менее 30 тыс. т. Площадь работ охватывает территорию наименее изученного в Витимском районе Северо-Восточного рудного узла. Тем не менее, здесь известны проявления урановой минерализации не получившие окончательную оценку. Проведение поисковых работ на Антасейской площади позволит выделить в пределах рудного узла площади для проведения поисково-оценочных работ.

2. Поисковые работы на Аталангинском и Дутакиском участках Витимского урановорудного района. Проведение работ на двух участка в Западном и Восточном рудных узлах позволит сформировать ресурсную базу для самостоятельного добывающего предприятия в размере 25-30 тыс. т урана.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ОРУДЕНЕНИЯ КУЛАРИКТИНСКОГО УЧАСТКА ВИТИМСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА

Д.А. Прохоров, Г.А. Тарханова

ФГБУ «ВИМС», Москва

Кулариктинский участок, расположенный в северной части Витимского урановорудного района, на южном склоне Северного поднятия, представляет собой два крупных эрозионных палеобассейна Эмкэрсэ и Куларикта, вмещающие в себя четыре основных палеодолины второго порядка: Эмкэрсэ, Кулариктинские 1, 2 и 3, а также примыкающие к ним палеопритоки более высоких порядков. Паледолины врезаны в кристаллический фундамент, представленный геохимически специализированными на уран гранитами витимканского (PZ_{2-3V}) комплекса, по приближению к оси поднятия, сменяемые гранитами баргузинского (PR_{2b}) комплекса.

В разрезе отложений, выполняющих рудовмещающие структуры палеодолин, выделено две пачки – нижняя (элювиально-делювиальная) и верхняя (смешанная озерная и пролювиально-делювиальная). Отложения нижней пачки преобладают в верховьях и бортах палеодолин, вниз по течению распадков их мощность сокращается, при этом мощность верхней пачки резко возрастает. Урановое оруденение локализуется на разных уровнях разреза – от базальной части дресвяно-щебнистых отложений до средней части озерных отложений. Таким образом, рудовмещающими породами на Кулариктинском поисковом участке в палеоструктурах второго и в основном третьего порядка являются как желтые окисленные грубозернистые осадки нижней пачки, так и сероцветные песчано-глинистые осадки верхней пачки. Анализ фоновых содержаний

элементов в осадочных породах, по данным рентгеноспектрального анализа, показал, что они, главным образом, определяются составом подстилающих гранитов. Значительные отклонения отмечаются только в единичных пробах с содержаниями урана $>0,1\%$: – в алеврито-глинистых породах наблюдается увеличение Mo на порядок, P_2O_5 , S и Nb – в (3-5) раз; в песчаных породах в $\sim(2-3)$ раза увеличивается содержание S, V, Mo, Cs; в дресвяно-щебнистых отложениях в ~ 2 раза увеличивается концентрация S.

Установлено – грубозернистые песчано-щебнистые на песчано-глинистом цементе пестроцветные осадки, слагающие базальный горизонт рудовмещающего разреза, являются перемытыми обогащенными ураном корами выветривания гранитов. Снос материала из кор выветривания продолжался и во время наступившей озерной трансгрессии.

После перекрытия желтых базальных отложений сероцветными озерными осадками (богатыми растительными остатками) отчетливо проявляется вертикально направленный вниз процесс восстановления окисленных пород, с образованием микрозернистого пирита в верхах толщи. Восстановленные желтоцветы имеют светло-серый цвет с белесыми и светло-зелеными оттенками. Установлено, что распределение окрасок и литологический состав не являются рудоконтролирующими факторами.

Исследована дисперсная урановая минерализация. Самостоятельные минеральные фазы урана достаточно редки. Преимущественно определяются аморфные урансодержащие вещества, часто многокомпонентного состава, относимые к нераскристаллизованным гелям. Среди урановых фаз установлены оксид урана и коффинит. В общем содержании урана значительная доля принадлежит урансодержащим акцессорным минералам гранитов и минералам, обогащенным ураном в коре выветривания. Руды в сероцветных осадках, богатых растительными остатками, дополнительно обогащались ураном на стадии экзодиагенеза при бактериальном разложении органики и привносе урана грунтовыми водами из кор гранитного массива.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ТОНОДСКОГО ПОДНЯТИЯ (ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*И.А. Прудников¹, Е.В. Зублюк¹, Н.М. Чупаленков¹,
А.Б. Тюрин¹, Е.В. Красивых²
ФГБУ «ВИМС», Москва,*

1 – ФГБУ «ВИМС», Москва, 2 – ЗАО «СибГК», Иркутск

В 2012-2015 гг. в ходе работ по поискам и разведке железных руд в пределах Тонодского поднятия сотрудниками ФГУП "ВИМС" и ЗАО "СибГК" были получены новые данные по петрологии и строению отложений медвежьей свиты нижнего рифея, позволяющие говорить о ледниковом генезисе, содержащихся в них железистых кварцитов. На примере участка Язовский показано, что в комплекс рудовмещающих отложений входят горизонты донных морен (тиллитов), диамиктона ледового разноса, неритмичных ламинитов и морских зандровых отложений. Среди последних, располагаются железистые кварциты, обогащённые терригенной примесью. Принимая во внимание расположение железистых кварцитов среди зандровых отложений, предложена модель их образования путём формирования железисто-кремнистых коллоидов на геохимическом барьере "талая вода"/"морская вода" в условиях гипопикнальных потоков талых ледниковых вод.

Образование комплекса отложений медвежьей свиты происходило в пределах активной рифтогенной структуры, связанной с началом развития крупной Бодайбино-Вилуйской рифтовой зоны. С процессом рифтогенеза совпадает эпоха оледенения, в ходе которой происходит изоляция мелких рифтовых впадин от открытого океана. В подобных обстановках изолированных водоемов, в которых устанавливались восстановительные условия, происходит накопление растворённого железа. Источником последнего служили подводные гидротермальные системы, поставлявшие экстракции металлов из базитовых образований, расположенных в оси рифтогенной структуры. То есть действовали гидротермальные системы схожие с современными типа "черных курильщиков", расположенных на дне океанов. Подобным источником вещества в пределах изучаемой области могли являться базальтовые покровы, силлы и дайки долеритов чайского комплекса, образования которого широко развиты среди отложений медвежьей свиты.

Обломочный материал ледника не рассматривается как источник рудного вещества, так как в пределах донной морены, не отмечено ни одного рудного или рудосодержащего обломка породы, как среди грубообломочного материала (галка, валуны) так и среди матрикса породы. Основную массу морены составляют обломки гранитоидов

чуйско-кодарского комплекса и песчано-глинистые продукты их разрушения.

В стадию отступления и таяния ледников происходила расконсервация изолированных водных масс, в которые поступала талая ледниковая вода, обогащенная кислородом и сильными основаниями. На границе талой воды и насыщенной металлами морской происходила коагуляция и осаждение кремнисто-железистых взвесей на дно бассейна совместно с накоплением грубообломочной толщи зандровых отложений. Фронт накопления железистых осадков чутко контролировался процессами абляции и двигался вслед за отступающим ледником. В связи с этим отмечается расклинивание рудных горизонтов безрудным песчанистым и грубообломочным материалом, а так же развитие неравномерно распределённой примеси обломочного материала в самих рудах. Выше по разрезу рудные образования перекрываются отложениями диамиктона ледового разноса, характерной особенностью которых является развитие друпстоунов – крупных обломков терригенного материала падавших на дно из таявших айсбергов.

Таким образом, формирование железистых кварцитов Тонодского поднятия контролировалось, как поведением ледников, так и функционированием гидротермальных систем и магматической активностью рифтовой зоны.

К ВОПРОСУ О ВОЗРАСТЕ ОРУДЕНЕНИЯ НОРАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

А.А. Рассолов

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

Норанское рудное поле располагается на территории Республики Бурятия, в юго-западной части Селенгинского потенциально урановорудного района. Рудная специализация Норанского поля представлена флюоритом, бериллием и ураном, месторождения и многочисленные рудопроявления которых размещаются в его пределах.

Участок рудного поля имеет двухъярусное строение. Первый ярус сложен метаморфическими породами темникской свиты раннекембрийского(?) возраста. Протолитом сланцев являлись преимущественно тонкообломочные осадочные образования с прослоями кремнистых и карбонатных пород. Эти породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации и превращены преимущественно в кварц-полевошпат-биотитовые сланцы. В составе второго яруса принимают участие осадочно-вулканогенные

образования ниже-среднеюрского возраста ичетуйской свиты. Разрез свиты начинается базальными конгломератами, которые перекрыты пачкой туфопесчаников, содержащих в своем составе углефицированные растительные остатки. Выше залегают покровы и туфы базальтов и трахибазальтов.

Метаосадки темникской свиты прорваны интрузиями гранитоидов соготинского комплекса позднепалеозойского возраста, в составе которых основным распространением пользуются лейкократовые граниты, граносиениты и сиениты. Возраст пород интрузии ранее принимался позднепермским. На основе применения современных методов определения радиологического возраста (U-Pb, SIMS SHRIMP II, ЦИИ ВСЕГЕИ, 2016 г.) нами получены следующие результаты: граносиениты – $283,9 \pm 4,1$ млн. лет (1 проба), граниты – $282,3 \pm 4$ млн. лет (2 пробы), дайковое тело лейкогранитов – $276,2 \pm 1,9$ млн. лет (1 проба), что соответствует для основной массы гранитоидов нижнепермскому возрасту.

Полученный возраст гранитоидов можно принять в качестве «опорного» для определения относительного возраста эндогенного оруденения Норанского рудного поля на основе анализа взаимоотношения оруденения с вмещающими породами и гидротермально-метасоматическими изменениями.

Определено, что бериллиевое оруденение генетически связано с гранитоидами Норанского массива и возникло в результате высокотемпературной гидротермальной деятельности, сопряженной со становлением этого массива.

Урановое оруденение, скорее всего, полихронное. В породах фундамента оно контролируется ареалами эйситов (низкотемпературных, мелкозернистых, существенно альбитовых метасоматитов). Эйситовые метасоматиты являются догранитоидными, что подтверждается присутствием ксенолитов эйситизированных пород темникской свиты в апикальной части Норанского массива. Урановые рудоносные зоны размещаются в эйситах, на которые наложены хлоритовые, карбонат-хлоритовые и гидрослюдисто-хлоритовые ассоциации, о возрасте которых точных сведений не имеется. Можно лишь утверждать, что они доюрские, так как подобных метасоматических изменений в породах ичетуйской свиты не наблюдается. Отсюда вытекает предположение, что первые урановорудные концентрации имеют доюрский возраст.

Рудные залежи в отложениях ичетуйской свиты приурочены к прибазальным туфо-песчаникам с углефицированными растительными остатками. Рудовмещающие породы интенсивно карбонатизированы и гидрослюдизированы. Особенностью этого оруденения является то, что оно располагается в большинстве случаев над рудными телами в палеозойском фундаменте. Это пространственное совмещение может быть объяснено ремобилизацией урана из нижележащих залежей при поствулканической гидротермально-метасоматической деятельности в

мезозойское время.

Флюоритовое оруденение в породах Норанского массива контролируется субширотными и субмеридианальными разломами. Принято считать, что в Забайкалье оно является самым молодым по сравнению с другими типами оруденения. Однако уверенных фактов его связи с какими-либо процессами не установлено. Известно лишь, что в Норанском массиве широко распространена вкрапленность флюорита, то есть он обладает высокой специализацией на этот вид полезного ископаемого.

Таким образом, если последовательность формирования оруденения различного типа в Норанском рудном поле очевидна, то временная связь уранового и флюоритового оруденения с конкретными геологическими событиями требует своего изучения, что необходимо для разработки достоверной геолого-генетической и прогнозно-поисковой моделей.

Eh-pH РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОРОДА РУДОВМЕЩАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ ПАЛЕОДОЛИННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ЗАБАЙКАЛЬЯ И ЮЖНОГО УРАЛА

М.Л. Рекун

АО «Центральное ПГО», Москва

Объектом проведенных исследований являются группа урановых месторождений Хиагдинского рудного поля (ХРП) в Забайкалье и урановые месторождения Южного Урала Хохловское и Далматовское. Геологическое строение всех этих месторождений позволяет проводить их отработку методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ).

А.К. Лисицын установил следующие интервалы начала осаждения урана при его восстановлении при крайних значениях pH: при pH 6,5 $Eh = +20 \div (-150)$ мВ; при pH 8,5 $Eh = (-90) \div (-200)$ мВ [1].

Особенности миграции и концентрирования урана в геологической среде в основном определяются его переменной валентностью. Поэтому главнейшие факторы, влияющие на поведение урана – те, что способствуют его переходу из одного валентного состояния в другое. Это, в первую очередь, присутствие во вмещающих породах восстановителей и окислителей и геохимические свойства подземных вод, из которых наибольшее влияние оказывает Eh [2].

Оксидная рудная минерализация урана представлена в основном двумя валентными формами – U(IV) и U(VI). Образующиеся этими формами соединения резко различаются по миграционной способности в подземных водах, поэтому распространение и

концентрация урана в подземных водах являются прямым следствием их окислительно-восстановительной зональности.

Изучение степени окисленности урана в объеме рудных залежей важно для познания механизма их образования и технологических целей. При подземном выщелачивании урана поддержание необходимого окислительного состояния выщелачивающего реагента зависит от окислительно-восстановительных свойств руды и от валентного состояния металла в залежах.

Окислительно-восстановительное и кислотнo-щелочное равновесие в системе вода – рудоносная порода изучалось по методике А.К. Лисицина [1].

Обработка полученных данных показала, что Eh равновесие воды с рудовмещающими породами на месторождениях ХРП находится в области отрицательных значений от -420 до -50 мВ, в среднем составляя -320 мВ. Среднее значение водородного показателя различно для каждого месторождения ХРП и меняется от 6,58 до 8,5 лог. ед. Это связано с расположением месторождений относительно потока подземных вод и Кореткондинского разлома по которому идет поступление углекислого газа в рудоносные горизонты. Для месторождений Южного Урала характерны другие значения Eh – для Хохловского месторождения от -80 мВ до 120 мВ, а для Далматовского месторождения (участок 8-2а) от -15 мВ до +20 мВ. При этом для Хохловского месторождения характерны значения рН от 6,7 до 7,3 лог. ед, а для Далматовского слабощелочные значения – от 8,0 до 8,5 лог. ед. (рис. 1).

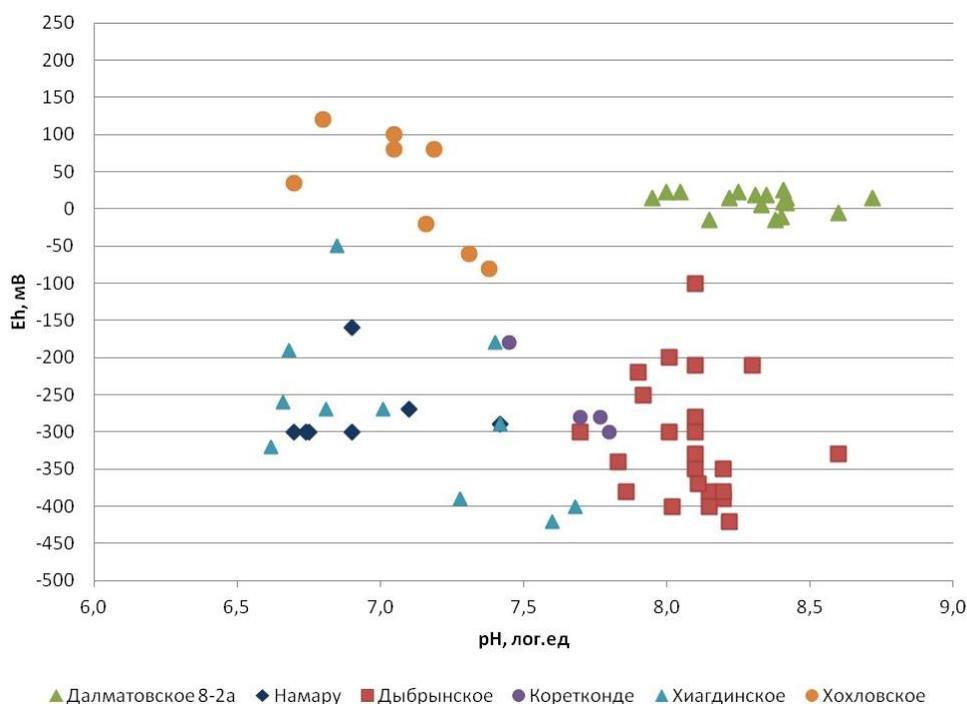


Рис. 1. Распределение значений окислительно-восстановительного потенциала и водородного показателя

Если учесть, что осаждение урана в восстановительном геохимическом барьере при нормальной температуре и pH около 7 происходит при величине $Eh < -25$ мВ, то окислительно-восстановительную обстановку на месторождениях ХРП следует оценивать как сильно восстановительную. Приведенные весьма низкие значения окислительного потенциала типичны для окислительно-восстановительных систем, в которых потенциалзадающей системой является биогенный водород [1].

Наиболее низкие Eh на месторождениях ХРП присущи отложениям, обогащенным органическим веществом.

Слабощелочные значения водородного показателя для участка Далматовского месторождения типичны для содового типа подземных вод в рудовмещающих водоносных горизонтах. На Хохловском месторождении снижение pH связано с присутствием растворенного углекислого газа в подземных водах.

Окислительно-восстановительная обстановка на изученных объектах определяет валентное состояние урана. Если на месторождениях Южного Урала доля четырехвалентного урана составляет 84-93%, то в более «жестких» условиях Забайкальских 93-97%.

Во всех случаях богатые руды – наиболее восстановленные, уран в них практически полностью представлен четырехвалентной формой. Чем беднее руда, тем она более окисленная.

Также восстановительная обстановка влияет на содержание подвижного железа, что затрудняет отработку месторождения методом СПВ и требует специального подхода к подбору геотехнологических параметров.

Основные результаты проведенных исследований по изучению Eh -pH равновесий в рудоносных пластах урановых месторождений Забайкалья и Южного Урала сводятся к следующему:

1. Уран в рудах месторождений этих месторождений сильно восстановлен. Преобладает его четырехвалентная форма.

2. Уран локализуется в рудах в восстановительном геохимическом барьере. Восстановительное осаждение происходило под влиянием сингенетических и эпигенетических рудоносным отложениям восстановителей.

3. Сильная восстановительная обстановка и, как следствие, высокая степень восстановленности урана в рудах при крайне низком содержании подвижного Fe (III) свидетельствуют о необходимости применения искусственных окислителей при добыче урана сернокислотным скважинным подземным выщелачиванием. В таких геохимических условиях отработка рудных залежей месторождения методом СПВ без использования искусственных окислителей малоэффективна.

Литература

1. Лисицин А.К. Гидрогеохимия рудообразования. М.: Недра, 1975. 248 с.

2. Лаверов Н.П., Абдульманов И.Г., Бровин К.Г. и др. Подземное выщелачивание полиэлементных руд. М.: Издательство Академии горных наук, 1998. 446 с.

НАЗЕМНЫЕ И СКВАЖИННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОИСКАХ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

А.К. Ржевская

ФГБУ «ВИМС», Москва

В настоящее время, в связи с необходимостью прогноза и поисков слабопроявленных рудных объектов, составляющих в ближайшей перспективе основу для наращивания минерально-сырьевой базы страны, все больше развиваются и внедряются в геологоразведочный процесс геофизические методы исследований.

В задачи наземных геофизических работ входит оперативная проверка аномалий, выявленных в процессе аэросъемки, в площадном и профильном вариантах.

Одной из основных проблем наземных методов является понижение разрешающей способности при увеличении глубины исследований, что особо актуально при поисках скрытых месторождений твердых полезных ископаемых.

Среди динамично развивающихся направлений в разведочной геофизике выделяются электромагнитные методы. Они позволяют решать широкий спектр задач в условиях сложных геологических обстановок, увеличивая при этом достоверность геофизического прогноза. Современный подход к проведению электромагнитных съемок и интерпретации данных позволяет решать проблемы влияния различных неоднородностей, блокового строения вмещающей среды, а также влияния горизонтов, перекрывающих целевые объекты.

Из сейсмических методов интересен относительно недавно разработанный метод микросейсмического зондирования, основанный на регистрации микросейсм, вызванных атмосферными явлениями, прибойной деятельностью и другими причинами.

Надежность наземных методов можно значительно повысить с помощью использования каротажных данных, а также проведения скважинно-наземных и наземно-скважинных исследований, например в модификации метода электротомографии.

Современные технологии позволяют проводить построения трехмерных моделей и с высокой степенью достоверности восстанавливают глубинную структуру среды даже при значительно неоднородной верхней части разреза и относительно слабых откликах от глубинных объектов.

Разрабатываемые в настоящее время и уже применяемые

комплексы наземно-скважинных геофизических исследований позволяют успешно решать поставленные геологические задачи, получать дополнительные сведения о строении разреза и условий локализации рудных тел, что в свою очередь может сократить расходы на бурение на этапе разведки рудных месторождений.

Литература

1. Куликов В.А. Межскважинная электротомография при изучении глубоко залегающего рудного тела в Норильском районе / В.А.Куликов, А.А.Бобачев, И.Д.Груздева, А.Г.Яковлев // Геофизика. 2013. № 1. С. 27-34.
2. Бобачев А.А., Сергеев К.С. Скважинная электротомография // Инженерная, угольная и рудная геофизика-2015. Современное состояние и перспективы развития, Комплексирование геофизических методов. ЕАГО Сочи, 2015. С. 1-4.
3. Кузнецов Н.М., Опыт применения радиоволновой геоинтроскопии межскважинного пространства для разведки золотомедного месторождения // Разведка и охрана недр 2008. №12. С. 27-29.
4. Тригубович Г.М., Персова М.Г., Соловейчик Ю.Г. 3D-электроразведка становлением поля – Новосибирск: Наука, 2009.
5. Алешин А.П., Величкин В.И., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Комаров Вик.Б., Комаров Вл.Б. Глубинное строение земной коры в районе Стрельцовского урановорудного поля (Восточное Забайкалье) по данным микросейсмического зондирования // Вестник ОНЗ РАН, Том 2. 2010.

МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА И НАХОДКА, ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА: ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ НАЛИЧИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

Ю.Н. Сидорина, И.В. Балыкова

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Инвестиционная привлекательность объектов зачастую определяется не только масштабом оруденения, но и содержанием полезного компонента. В связи с этим в практике поисковой геохимии решается так называемая обратная задача – оценка ожидаемых содержаний компонентов в рудах по их содержаниям во вторичных ореолах [2].

Традиционно в рамках обратной задачи определяется коэффициент остаточной продуктивности k . Для «мощных» рудных тел, имеющих вторичные ореолы с плоским максимумом на коробчатых графиках распределения содержаний, он рассчитывается как $k = C_{max} / C_p$, где C_{max} содержание элемента во вторичном ореоле в области плоского максимума, C_p содержание элемента в рудном интервале, вскрытом канавой [1, 3].

В случае сульфидной минерализации имеет место ее

приповерхностное окисление. Значит, наблюдаемый в полотно канавы интервал характеризуется содержанием элемента в измененных рудах $C_{изм}$, и чтобы оценить концентрацию в первичных рудах $C_{перв}$, необходим дополнительный коэффициент $k_0 = C_{изм}/C_{перв}$. Тогда коэффициент пропорциональности между содержаниями во вторичном ореоле и руде приобретает вид $K = k \cdot k_0$.

Медно-порфиновые месторождения Песчанка и Находка являются крупнейшими в России по запасам. Они расположены в Баимской рудной зоне Западной Чукотки, в тундрово-таежной области средне- и низкогорных ландшафтов с развитием многолетней мерзлоты. Медно-порфировое оруденение представлено штокверками кварцевых и кварц-карбонатных прожилков с халькопиритом и борнитом, содержащими золото, пиритом, блеклыми рудами, молибденитом. На участках развита маломощная зона вторичного сульфидного обогащения (ВСО) с ковеллином, ярровитом, идаитом, минералами группы халькозина и самородной медью. В гипергенных условиях развиваются сульфаты, фосфато-сульфаты и карбонаты Cu, Fe, Mn, вады Mn.

Определение коэффициента k проводилось по 15 канавам, пройденным в различных ландшафтных обстановках. Бороздовые пробы проанализированы методами ICP-MAES на 40 элементов и пробирным с атомно-абсорбционным окончанием на золото. Отобранные вдоль бортов канав пробы рыхлых отложений проанализированы теми же методами, за исключением бортов 6 канав месторождения Песчанка, где состав проб определен экспрессным XRF анализом.

В лесотундровом ландшафте северной части месторождения Песчанка установлены слабый вынос из вторичных ореолов Cu ($k = 0,48-0,85$), As ($0,71-0,94$), отсутствие сколь-либо существенного накопления-выноса Mo ($0,89-1,01$) и обогащение вторичных ореолов Pb ($1,42-1,94$), Zn ($1,18-1,34$). В горнотундровых ландшафтах юга месторождения проявлены слабый вынос Cu ($0,74-0,88$), As (среднее $0,88$), Ag ($0,68-0,81$), нейтральное поведение Au ($0,85-1,04$), Zn ($0,91-1,12$), незначительное обогащение Mo (среднее $1,22$), Sb ($1,44-2,00$) и сильное обогащение Pb ($1,95-2,67$).

Практически во всех элементарных ландшафтах месторождения Находка происходит вынос Cu и Ag ($k_{Cu} = 0,56-0,63$, $k_{Ag} = 0,73-0,78$), кроме обстановки крутых осыпных склонов ($k_{Cu} = 1,05-1,07$, $k_{Ag} = 1,57-1,76$). Выявлены слабое накопление Au (среднее $1,11$) и Pb ($1,30-1,32$), более интенсивное накопление Sb ($1,47-1,55$), нейтральное поведение Mo (среднее $1,05$), As ($0,83-1,21$), Zn (среднее $1,07$).

Таким образом, в доминирующих ландшафтах Баимской зоны при формировании вторичных ореолов медно-порфирового оруденения из рыхлых образований выщелачиваются Cu и Ag. Сопутствующие Mo, Au, As, Zn не подвержены перераспределению, а Sb и Pb характеризуются слабым накоплением во вторичных ореолах. На не закрепленных растительностью крутых склонах выщелачивание элементов не наблюдается в связи с быстрым обновлением

вторичных ореолов в результате эрозии.

Различия в степени обеднения вторичных ореолов могут быть объяснены формами нахождения меди в рыхлых отложениях. Методом последовательных селективных экстракций показано, что выветривание богатых борнит-халькопиритовых руд в горнотундровых ландшафтах месторождения Песчанка приводит к закреплению меди в рыхлых отложениях в виде собственных минеральных фаз (основных сульфатов, карбонатов, силикатов) и комплексов с оксидами и гидроксидами железа. В лесотундровых ландшафтах возрастает содержание глинистой фракции и органического вещества, что приводит к росту доли легкоподвижных сорбированных форм меди и ее органоминеральных комплексов.

Зона окисления медных штокверков изучалась по керну 446 скважин. Пробы проанализированы методом ICP-MAES на 40 элементов и методом пробирного анализа с атомно-абсорбционным окончанием на золото. Использовалась полевая документация керна, включавшая поинтервальное содержание главных сульфидов и вторичных минералов.

Согласно геохимическим и минералогическим данным гипергенное преобразование руд приводит к смене сверху вниз зоны окисления и выщелачивания, зоны ВСО и зоны неизменных руд. Зональность проявлена фрагментарно; корреляции с уклоном, кривизной, экспозицией склонов нет. Перераспределение при этом существенно: выщелачивание ведет к выносу из первичных руд 50% меди, а обогащение в зоне ВСО происходит в 2–5 раз.

Значения $k_0_{Cu} = 0,54 \div 0,73$ свидетельствуют о формировании зоны выщелачивания по медно-порфировым штокверкам в основных ландшафтах месторождений Песчанка и Находка. Только для нижних частей склонов средней крутизны в лесотундровом ландшафте установлено $k_0_{Cu} = 1,02$: здесь, вероятно, субстратом для выщелачивания становится зона ВСО, выведенная на поверхность эрозией. Аналогичные расчеты для золота и молибдена свидетельствуют о менее значительном выносе.

Миграционная способность главных элементов, оцененная через интенсивность их перераспределения по $K = k \cdot k_0$, близка теоретической: $Cu > Au > Mo$. Вторичные ореолы Cu ослаблены в среднем вдвое, Au на четверть и для Mo ослаблены незначительно.

Таким образом, оценка геохимических ресурсов категории P_3 необходимо проводить с учетом развития зоны окисления, используя предложенный «двойной» коэффициент. Для объектов, схожих с месторождениями Песчанка и Находка по геолого-промышленному типу и ландшафтным условиям, возможно применение значений, приведенных в таблице.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00296 мол_а.

Таблица

Коэффициенты пропорциональности между содержаниями Cu, Mo, Au во вторичных ореолах и рудах медно-порфириновых штокверков в ландшафтах Баимской зоны

Элементарный ландшафт	Cu			Mo			Au		
	<i>k</i>	<i>k</i> ₀	<i>K</i>	<i>k</i>	<i>k</i> ₀	<i>K</i>	<i>k</i>	<i>k</i> ₀	<i>K</i>
Нижняя часть пологого склона	0,65	0,64	0,42	1,00	0,73	0,73	1,26	0,76	0,96
Нижняя часть склона средней крутизны (рядовые руды)	0,63	1,02	0,64	1,00	0,92	0,92	0,86	0,92	0,79
Нижняя часть склона средней крутизны (богатые руды)	0,81	0,73	0,59	1,22	0,77	0,94	0,94	0,84	0,79
Средняя часть склона средней крутизны	0,63	0,65	0,41	1,10	1,07	1,18	1,06	0,71	0,75
Осыпные крутые склоны	1,06	0,54	0,57	1,03	0,93	0,96	1,14	0,47	0,54

Литература

1. Дубов Р.И. Количественные исследования геохимических полей для поисков рудных месторождений. Новосибирск: Наука, 1974. 277 с.
2. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых : Учебник для вузов. М.: Недра, 1985. 294 с.
3. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. М.: Недра, 1990. 335 с.

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ УРАНА В ХВОСТАХ ПЕРЕДЕЛА РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

М.А. Сидорова¹, А.В. Мохов²

1 – РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2 – ИГЕМ РАН, Москва

При переработке урановых руд в отходах обогатительных фабрик (хвостах) остается часть недоизвлеченного урана. В условиях открытых хвостохранилищ, в результате воздействий атмосферных факторов, уран может преобразовываться в водорастворимые формы, поступать в грунтовые воды и переноситься ими на значительные расстояния. В результате этого может возникнуть угроза радиоактивного загрязнения подземных (грунтовых) этого региона.

Уникальные запасы урана на золото-урановых месторождениях Эльконского района представлены не браннеритом, как это считалось ранее, а неизвестным до настоящего времени минералом – полифазным уран-титановым метателуром (УТМ). Браннерит, оксиды и силикаты урана составляют незначительную часть руд.

Комплексные золото-урановые месторождения Эльконского рудного района являются основным резервным источником урана в России. Разведанные запасы оцениваются в 345 тыс. т при среднем содержании урана 0,147%, а прогнозные ресурсы – еще в 300 тыс. т. Резервный статус этих уникальных по запасам месторождений объясняется наряду со слабым экономическим развитием района относительно высокой себестоимостью переработки руд. В связи с этим вопросы технологического передела руд имеют первостепенное значение для вовлечения золото-урановых месторождений в освоение.

Главным урановым минералом руд считается браннерит (UTi_2O_6), в резко подчиненном количестве отмечаются оксиды урана (уранинит, настуран) и коффинит $[U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}]$. Попутными компонентами в рудах являются Au, Ag, Mo. Браннерит образует тонкодисперсный цемент брекчий, а также встречается в виде микропрожилков в пределах тектонических швов. Предполагается, что при пострудных гидротермальных процессах браннерит замещается тонкодисперсным агрегатом оксидов Ti, U, Si, Fe, с непостоянным присутствием W, Nb и Zr. Уран частично мигрировал во вмещающие породы, где осаждался в виде коффинита. Цвет урановой минерализации при этом менялся от чёрного и тёмно-коричневого до светло-желтого. Возраст оруденения, по данным изотопного датирования, составляет 135-130 млн. лет [1].

Изучения начато с трех шлифов из керна скважин 2006, 2010 и 2047, расположенных соответственно в западной, центральной и восточной частях месторождения Элькон. Исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610LV (Jeol) с энергодисперсионным анализатором Link-ISIS (Oxford). Целью исследований было изучение состава руд месторождения с диагностикой урановых и сопровождающих минеральных фаз, перед проведением исследований на просвечивающем электронном микроскопе.

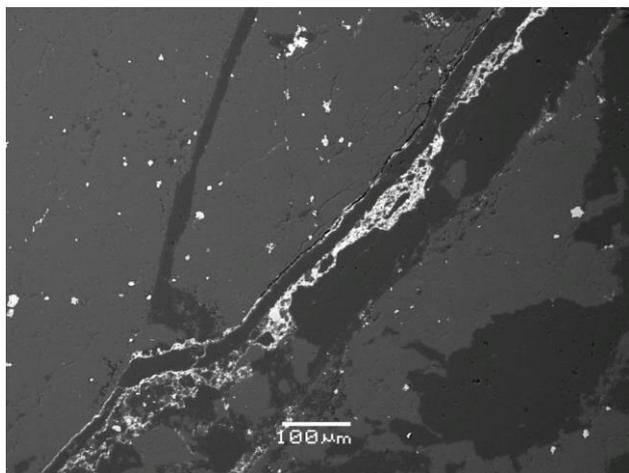


Рис. 1. Прожилково-брекчиевая форма нахождения урана в рудах месторождения Элькон. U-Si метатгель (светло-серое) в виде цемента мелких обломков породы вдоль линейной трещины. Микрофотография в отраженных электронах, СЭМ

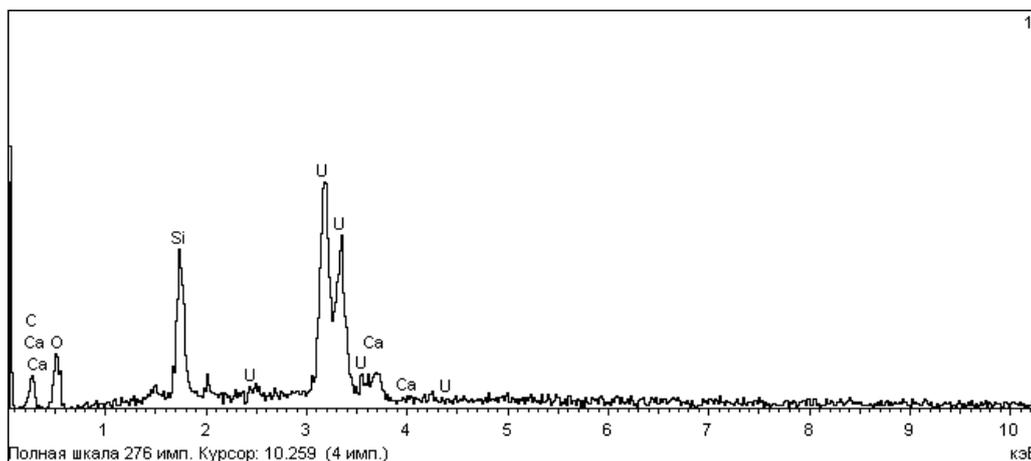


Рис. 2. ЭДС-спектр силиката урана с рис. 1

Литература

1. Алешин А.П., Козырьков В.Д. Уран-татан-метагелевая минерализация АU-U месторождений Эльконского рудного района (Алдан) и особенности ее технологического передела. 2016.

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ МОЛИБДЕНОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ДЖЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

А.В. Сучков, Д.Е. Выдрич

ФГБУ «ВИМС», Москва

Джетский рудный узел (РУ) находится в Красноярском крае, Курагинском районе, в 50-60 км на северо-северо-восток от поселка Кордово, в зоне влияния крупных батолитов щелочных гранитоидов буюдзульского комплекса и гранитоидов беллыкского комплекса. В рудном узле выделены следующие молибденовые рудопроявления: Джетское, Теплое 1, Теплое 2, Интрузивное, Восточное, приуроченные к группе сближенных штоков и дайкообразных тел гранитоидных пород буюдзульского интрузивного комплекса в поле развития пород лысанской свиты.

На исследуемых рудопроявлениях Теплое 2, Интрузивное и Восточное интрузивные образования относятся к разным комплексам: в работах Н.С. Мишко, В.Л. Хомичева они относятся к беллыкскому комплексу, а в работах В.М. Даценко [1] к буюдзульскому.

На изучаемой территории широко проявлены процессы контактового метаморфизма (ороговикование и, в меньшей степени, скарнирование) и околорудные изменения (метасоматическое и штокверковое окварцевание, калишпатизация, мусковитизация, альбитизация, карбонатизация, сульфидизация).

Гранитоиды рудопроявления *Теплое 2* представлены двумя разновидностями пород – гранодиоритами и монцодиорит-гранодиоритами. Большая часть пород в штоках изменена гидротермальными процессами и пронизана многочисленными кварцевыми, кварц-сульфидными прожилками, серицитизирована, несёт вкрапленность сульфидов, а на отдельных участках превращена в березиты.

Гранодиориты имеют лейкократовый облик. Текстура, массивная, и, в меньшей степени, порфириовидная. Порфириовые выделения представлены ортоклазом, реже плагиоклазом. Размер фенокристаллов изменяется от 1-5 мм до 1-2 см. Структура породы (основной массы): панидиоморфнозернистая-гипидиоморфнозернистая, вторичная – гранолепидобластовая, размеры зерен колеблются в пределах 0,2-1,2 мм. Минеральный состав: биотит (1-5 %), КПШ (10-40 %), плагиоклаз (30-74 %), кварц (15-25 %). Акцессорные минералы редки, наблюдаются спорадически и представлены цирконом, сфеном. Иногда содержание сфена достигается примерно 1 %, размер кристаллов до 2-5 мм.

Мезократовые биотитовые монцодиориты-гранодиориты(?) слагают малые тела (штоки). Мезократовый облик породы имеет за счет биотита. Неоднозначное название породы исходит из ее метасоматического окварцевания, часто трудно отличить первичный и вторичный кварц. Возможно, что это монцодиориты-тоналиты. Текстура порфириовидная, фенокристаллы представлены ортоклазом размером до 3 см. Структура породы: панидиоморфнозернистая-гипидиоморфнозернистая, вторичная гранолепидобластовая. Размеры зерен колеблются в пределах 0,1-2 мм. Минеральный состав: биотит (5-15 %), КПШ (10-25 %), плагиоклаз (35-60 %), кварц (5-25 %). Акцессорные минералы редки и представлены цирконом и сфеном. Иногда количество сфена достигает 0,1-0,8 %.

По полученным результатам анализов гранитоиды характеризуются следующими значениями породообразующих оксидов: кремнезем – в пределах 65-71 %; пониженные содержания (%) феррических элементов (TiO_2 среднее 0,43, Fe_2O_3 – 2,68, MgO – 0,55), глинозем (Al_2O_3 – 0,55) и CaO – 1,05. Относительно других пород содержания Na_2O и K_2O в гранитах повышенное – 4,64 и 4,55 % соответственно. Полученные результаты позволяют отнести гранитоиды к гранодиоритам, умеренно щелочным гранитам, граносиенитам, и по составу их можно отнести к гранитоидам буюдзульского интрузивного комплекса [1].

Шток гранитоидов рудопроявления *Интрузивное*, расположенного в 1 км северо-западнее рудопроявления *Теплое 2*, имеет сложное внутреннее строение с несколькими фациальными разновидностями: субщелочными гранитами, граносиенитами, субщелочными гранит-порфирами, граносиенит-порфирами. Чаще всего порфириовидные разности выполняют периферийную часть штока.

Субщелочные гранодиориты (граносиениты) имеют

мезократовый облик за счет биотита, реже роговой обманки. Структура породы гипидиоморфнозернистая, текстура массивная иногда порфиоровидная с крупными идиоморфными кристаллами плагиоклаза. Минеральный состав неизмененного гранодиорита: плагиоклаз 30–45 %, калиевый полевой шпат 25–30 %, кварц 20–30 %, биотит и роговая обманка 5–15 %. Из вторичных минералов встречаются хлорит, цоизит, рутил, серицит, реже эпидот. Акцессорные минералы представлены сфеном, апатитом, цирконом и магнетитом. Признаки, позволяющие отнести эту породу к гранодиориту: преобладание идиоморфных кристаллов плагиоклаза, резкий ксеноморфизм кварца, пониженные содержания кремнезема – не более 70 % [2].

Содержание кремнезема изменяется в значительных пределах 64,66–70,72 %, сумма щелочей – от 8,95 до 9,87 %, среднее 9,42 %, что обуславливает попадание этих гранитоидов в поля умереннощелочных кислых пород. Породы характеризуются пониженным содержанием (%) фемических элементов (TiO_2 среднее 0,42; Fe_2O_3 – 2,22; MgO – 0,47); глинозема (Al_2O_3 – 16,39) и CaO – 0,84. Содержание Na_2O не превышает 5,57 % в обогащённых плагиоклазом породах, тогда как содержание K_2O в породах увеличивается с 3,69 до 4,85 %. Отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ варьирует от 0,94 до 1,46, среднее 1,17, что говорит о натриевой и натрий-калиевой щелочности. По содержанию CaO и K_2O граниты относятся к калинатриевым субщелочным и известково-щелочным.

Шток гранитоидов рудопроявления *Восточное* представлен в основном субщелочными плагиогранитами, иногда встречаются граносиениты и расположен в 2,5 км севернее рудопроявления Интрузивное. Результаты анализов гранитоидов позволяют их отнести к граносиенитам и субщелочным гранитам [2].

Беллыкский комплекс представлен массивом (батолитом?) гранитоидов в 3 км южнее от рудопроявления Теплое 2. Массив имеет сложное строение и в пределах участка сложен следующими фациальными разновидностями: субщелочными лейкогранитами и в единичных случаях субщелочными гранитами. Гранитоиды характеризуются следующими значениями породообразующих оксидов (%): содержание кремнезема 65–71; пониженные содержания фемических элементов (TiO_2 среднее 0,31; Fe_2O_3 – 2,07; MgO – 0,39); глинозема (Al_2O_3 – 12,82) и CaO – 0,82. Относительно других пород содержания Na_2O пониженное, а K_2O повышенное – 4,11 и 4,69 %, соответственно. Породы относятся к субщелочным лейкогранитам, редко субщелочным гранитам.

Приведенные петрографические и петрохимические исследования показали, что изученные штоки гранитоидов рудопроявлений имеют пестрый состав. Размещение молибденовой минерализации пространственно и генетически связано со штоками гранитоидов рудопроявлений Теплый 2 и Интрузивный, штоки имеют повышенную щелочность с калиевой специализацией, сложное

внутреннее строение с несколькими фациальными разновидностями и аналогичны субщелочным гранитоидам буюдзульского комплекса. В Алтае-Саянской минерагенической области размещение медно-молибденовых месторождений Сорской группы определяется пространственной и генетической связью с плутонами пестрого состава, повышенной щелочностью и калиевой специализацией, что подтверждает перспективы изучаемой территории. Наличие штоков субщелочных гранитоидов буюдзульского комплекса с калиевой специализацией, является одним из основных критериев при поисках молибденового оруденения на площади Джетского РУ.

Литература

1. Даценко В.М. О генетической связи молибденовых рудопроявлений Теплый ключ с буюдзульским монзонит-сиенитовым массивом. // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГиМС, 2005. Выпуск 6. С. 211-216
2. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.

ОСНОВНЫЕ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦИНКА

О.В. Токарь

ФГБУ «ВИМС», Москва

В последние годы рынок цинка балансирует на грани, все более часто испытывая дефицит. По итогам 2016 г. недопроизводство металла составило около 270 тыс. т. Этот год стал первым после продолжительного периода разнонаправленной динамики, когда цены на металл демонстрировали стабильный рост: за двенадцать месяцев среднемесячная цена на цинк возросла на 40%, достигнув уровня 2,7 тыс. долл. США за тонну в декабре 2016 г. По прогнозам ILZSG, в 2017 г. дефицит сохранится, что, вероятно, поддержит и текущую динамику цен [1].

Мировое производство цинка, где основным источником сырья является цинковый концентрат, из-за пришедшихся на первую половину 2010-х годов плановых закрытий ряда крупных рудников в Канаде, Ирландии и Австралии и недостаточной мощности введенных в эксплуатацию новых предприятий в целом не успевает за ростом спроса на металл, подгоняемым постоянно возрастающими потребностями промышленности, в особенности со стороны Китая.

Ослабление сырьевых рынков 2015–2016 гг. затронуло и проекты освоения месторождений цинка. На неопределенный срок было

отложено несколько проектов с совокупной производственной мощностью около 140 тыс. т цинка в год. Кроме того, владельцы некоторых как мелких, так и крупных действующих предприятий были вынуждены ограничивать или заморозить их деятельность. Например, Ред-Дог на Аляске, где компания *Teck Resources Ltd.* запланировала сокращение производства цинка с 545–570 тыс. т цинка в год до 500–550 тыс. т с 2017–2019 гг. [2].

В надежде на новую волну дефицита и возрождение рыночных цен участники отрасли все же старались сохранить интерес к цинковым активам, в том числе вели работы, направленные на вовлечение в освоение новых месторождений и пересмотр проектов в соответствии с текущей экономической обстановкой.

По нашим прогнозам, при сохранении тенденции умеренного роста спроса на металл и условия своевременного начала освоения новых месторождений в соответствии с их проектами добыча цинка сможет достигнуть уровня, отвечающего потребностям производителей металла только к началу 2020 гг., однако уже к середине десятилетия вопрос дефицита сырья, вероятно, снова обострится.

С целью выявления сводных характеристик комплексных цинковых месторождений, привлекательных для освоения в современных условиях был проведен анализ финансово-экономических показателей (ФЭП) основных проектов освоения месторождений, для которых цинк является основным полезным компонентом, реализуемых в 2010-х годах в мире.

Были выделены и рассмотрены основные ФЭП, среди которых капитальные и эксплуатационные затраты, расходы на добычу и переработку руды, выручка, чистый дисконтированный доход и т.д. Для некоторых параметров для корректности сопоставления было введено их удельное значение в расчете на тонну руды, подлежащую отработке и последующей, и на тонну компонента, заключенного в этой руде. ФЭП рассматривались в соответствии с характеристиками объектов: инфраструктурным положением, геолого-промышленным типом (ГПТ) и масштабом оруднения, количеством заключаемого металла, предполагаемым способом отработки месторождения.

В ходе исследования для рассматриваемой выборки объектов установлены некоторые взаимосвязи между ФЭП, техническими и производственными параметрами предприятий и количественными и качественными параметрами базовых сырьевых объектов.

Среди прочих факторов, влияющих на реализацию проекта и краткосрочное планирование, особое значение имеет базовая стоимость металла, используемая при оценке рентабельности освоения месторождения. Для рассмотренных проектов, реализованных в 2010–2016 гг., она была ниже или близка к рыночной в этот период среднегодовые цены на цинк составляли 1900–2190 долл. США/т [3]. В то же время на проектах, для которых базовая цена превосходила текущую на рынке, работы различных стадий

продолжаются. Некоторые из них, согласно проектам освоения, смогут быть реализованы только при более благоприятной конъюнктуре рынка и цене на металл 2300–2800 долл. США/т.

Исходя из полученных результатов сопоставления основных проектов освоения комплексных месторождений цинка в мире, выделялись типовые месторождения, привлекательные для освоения, и соответствующие им параметры проектируемых предприятий.

В общем случае, сегодня привлекательными для освоения могут являться комплексные месторождения цинка преимущественно среднего масштаба по объемам оруденения всех основных ГПТ, руды которых относятся к категории богатых по содержанию основного компонента (4–10 % и более) и содержат попутные компоненты (в особенности привлекательны месторождения, содержащие драгоценные металлы). В зависимости от ГПТ, масштаба оруденения и качества руд конкретного объекта он может стать привлекательным для освоения в той или иной инфраструктурной обстановке с использованием традиционных способов отработки и обогащения. Срок отработки такого условного месторождения может составить 5–15 лет, срок окупаемости 1–6 лет.

Литература

1. International Lead & Zinc Study Group. <http://www.ilzsg.org>.
2. Teck Resources Ltd. Annual Information Form 2015. 31.03.2016. <http://www.teck.com>.
3. The London Metal Exchange. <https://www.lme.com>.

ОЦЕНКА ПУТЕЙ И ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ РУДОНОСНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ МИКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

С.А. Устинов, В.А. Петров, В.В. Полуэктов

ИГЕМ РАН, Москва

С точки зрения фундаментальных и прикладных аспектов геологической науки, одной из наиболее важных задач является реконструкция пространственно-временной связи между деформацией массивов пород, их флюидной проницаемостью и минералообразованием в трещинно-поровом объеме зоны рудоотложения. В связи с этим возникает необходимость разработки нового подхода к изучению микроструктур и оценки целого ряда их геометрических параметров с возможностью сочетания результатов методов структурной геологии, микротермометрии и рамановской спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии с привлечением данных по разрывной тектонике и геодинамике.

Оценка путей и флюидодинамических условий миграции рудоносных растворов проводилась на основе специальной методики микроструктурного анализа, которая пока не получила широкого распространения в российской геологической науке и практике. Данная методика включает в себя картирование и детальное изучения микроструктур в ориентированных шлифах, выявление закономерностей распределения линейных объектов на площади шлифа с помощью оптического микроскопа, оборудованного цифровой камерой. Для реализации и частичной автоматизации данной методики авторами было разработано модульное программное обеспечение (ПО), интегрированное с ГИС, которое предоставляет широкий выбор инструментов для анализа цифровых изображений шлифов [6].

Специальная методика микроструктурного анализа использовалась авторами в сочетании с различными геоструктурными, тектонофизическими и структурно-петрофизическими методами на урановом месторождении Антей. Оно расположено в юго-восточном Забайкалье в пределах Стрельцовской кальдеры, сформированной в процессе позднемезозойской тектономагматической активизации региона [1]. Жильно-штокерковые рудные тела локализованы в гранитном фундаменте кальдеры и являются наиболее глубоко залегающими объектами добычи в Стрельцовском рудном поле. Вмещающие породы представлены в основном биотитовыми и лейкократовыми гранитами, а также высоко- и низкотемпературными метасоматитами в рудоносных зонах, контролируемых системой субпараллельных разломов.

Изначально исследования сосредоточились на изучении геометрических параметров микроструктур определённого генетического типа – на планарных системах флюидных включений (ПСФВ). Они представляют собой отчётливо проявленные системы микротрещин, захвативших вторичные флюидные включения. Интерес к ПСФВ был вызван тем, что их ориентировка определяется вариациями параметров поля напряжений и деформаций, а состав включений – физико-химическими условиями миграции гидротермальных растворов [2]. По двумерным цифровым изображениям шлифов строились розы-диаграммы ориентировки микроструктур, по которым были выявлены преимущественные ориентировки ПСФВ [5]. С помощью микротермометрических измерений совместно с В.Ю. Прокофьевым (ИГЕМ РАН) были изучены флюидные включения, «захваченные» каждой выявленной ранее генерацией ПСФВ. Это позволило реконструировать хронологию событий, обусловленных изменением физико-химических условий в контексте перестройки поля напряжений и смены деформационных режимов. С использованием микротермометрических данных по флюидным включениям построены диаграммы по горизонтам месторождения, отражающие температуру гомогенизации и

соленость, а также структурный параметр – ориентировку микротрещины, к которой данное флюидное включение относится [3].

На основе сочетания специальной методики микроструктурного анализа и радиографического анализа (осколковой радиографии) авторами была проведена реконструкция внутрирудной тектоники и путей миграции рудоносных растворов. С помощью такого подхода было установлено, что урановорудный процесс на месторождении Антей протекал на фоне минимум двух стадий внутрирудных тектонических смещений, о чем свидетельствует приуроченность рудных скоплений к различным по возрасту и морфогенетическим особенностям системам микротрещин.

На основе сочетания специальной методики микроструктурного анализа и метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) совместно с О.А. Дойниковой (ИГЕМ РАН) также проводилось изучение минерализованных и частично минерализованных микротрещин, содержащихся в породах месторождения Антей. Было установлено, что различные генерации микротрещин значительно отличаются и по минеральному выполнению. Две близкие по условиям образования системы микротрещин были выполнены преимущественно урановой минерализацией, тогда как другая группа микроструктур, которые образовались в последнюю очередь, вероятно на фоне объемной дилатансии (гидроразрыва), концентрировала минеральную фазу с редкоземельными элементами (преимущественно Ce, La, Sm, Gd, Nd).

Кроме того, на основе специальной методики микроструктурного анализа и с помощью созданного авторами программного модуля количественно рассчитывались фильтрационные характеристики (пористость и проницаемость) горных пород месторождения в палео- и современных условиях [4].

Таким образом, впервые в истории развития месторождения Антей установлены эпизоды миграции флюидов, выявлены стадии внутрирудных тектонических смещений, проведён расчёт фильтрационных характеристик пород в палео- и современных условиях в зависимости от эволюции трещинного пространства. В вертикальном разрезе пород месторождения установлено наличие двух структурных этажей, отличавшихся геометрией трещинно-порового пространства и, соответственно, условиями миграции флюидов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГЕМ РАН по теме: «Разработка геолого-генетических моделей формирования месторождений урана для решения проблемы топливного обеспечения атомной энергетики».

Литература

1. Ищукова Л.П., Игошин Ю.А., Авдеев Б.В. Геология Урулюнгуевского рудного района и молибден-урановых месторождений Стрельцовского рудного поля. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. 526 с.
2. Петров В.А. Тектонофизические и структурно-петрофизические

индикаторы процессов миграции флюидов в разломных зонах и методы их изучения // Современная тектонофизика. Методы и результаты. В 2-х т. Т.2. М.: ИФЗ РАН, 2011. С. 94-108.

3. Петров В.А., Устинов С.А., Полуэктов В.В., Прокофьев В.Ю. Реконструкция путей и условий миграции рудоносных гидротермальных растворов: структурно-геологический и термобарогеохимический подход // Вестник РФФИ. 2013. № 1. С. 27-33.

4. Устинов С.А., Петров В.А., Полуэктов В.В. Вариации фильтрационных характеристик пород месторождения Антей в зоне разлома 13 (микроструктурный подход) // Материалы четырнадцатой международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». М.: ГЕОХИ, ИГЕМ, ИФЗ РАН, 2013. С. 261-264.

5. Устинов С.А., Петров В.А., Полуэктов В.В. Использование планарных систем флюидных включений в структурно-геологических исследованиях гидротермальных месторождений (на примере месторождения Антей) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2014. № 1. С. 36-41.

6. Устинов С.А., Петров В.А. Применение ГИС-технологий для микроструктурного анализа в геологии // Геоинформатика. 2015. № 2. С. 33-46.

МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РУД ТОМТОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

А.С. Фатов, Ю.М. Астахова

ФГБУ «ВИМС», Москва

В пределах коры выветривания редкометалльных карбонатитов Томторского рудного поля расположены комплексные редкометалльные руды участков Северный и Южный, сформированные различными природными разновидностями, представленные образованиями каолинит-крандаллитового или пирохлор-монацит-крандаллитового горизонта, нижних горизонтов пермских отложений, образованиями сидеритового горизонта коры выветривания и угленосной толщии различного состава. Руды по химическому и минеральному составу являются довольно сложными и содержат широкий спектр полезных компонентов со значительной вариацией ценных (Nb, РЗЭ, Y), попутных (Ti, V и др.) и породообразующих (Si, Al, Ca, K и др.) элементов, с варьирующим содержанием рудообразующих и породообразующих минералов (пирохлор, монацит, минералы группы крандаллита, сидерит, кварц, каолинит, минералы титана и др.).

Особенностью данных руд является высокая дисперсность, полиминеральный состав, различные минеральные ассоциации, в зависимости от типа руд, тесное срастание минеральных фаз и связь одних и тех же полезных компонентов с несколькими минералами (минералы гр. крандаллита, монацит, пирохлор), тесная ассоциация с алюмосиликатами, карбонатами и другими минералами позволяют отнести руды к категории труднообогатимых.

Были проведены исследования 15 малых технологических проб, которые установили особенности их поведения в едином технологическом цикле, характер распределения ценных (Nb, РЗЭ) и примесных компонентов по продуктам в зависимости от вариаций химического и минерального составов руд.

Для изучаемых проб содержание Nb_2O_5 варьировало от 0,14 – 2,24, ΣP_3O от 0,09 – 13,46, Y_2O_3 0,01 – 0,56, P_2O_5 0,75 – 16,81, TiO_2 0,27-6,68, V_2O_5 0,04-0,6, ThO_2 0,01-0,22, U – 0,0008-0,0089 %.

Исследования проведены по моделирующей гидрометаллургической схеме: щелочное выщелачивание раствором гидроксида натрия (450 г/л) при отношении Т:Ж=1:5 для обесфосфоривания руды; азотнокислое (37%-ный раствор HNO_3) выщелачивание остатка (щелочного кека) от первой операции для извлечения в раствор редкоземельных металлов.

Результаты технологических исследований показали четкую селекцию РЗЭ от ниобия и фосфора. В щелочной раствор на первой стадии выщелачивания переходит фосфор, в азотнокислый раствор на второй стадии – редкоземельные элементы, основная масса ниобия концентрируется в нерастворимом кеке.

По результатам проведенных исследований установлено, что руды относятся к различным технологическим типам. При переработке угленосных и железосодержащих разновидностей руд и проб, характеризующихся повышенным содержанием каолинита, затрудняющего протекание основных операций, необходимо использовать более развернутые технологические схемы с введением дополнительных операций (предварительный обжиг, очистка растворов от Si, Al и др.) и изменения режимов кислотного выщелачивания.

Установлено, что вариации содержания в рудах оксидов ниобия, титана, кремния, фосфора являются одним из важнейших факторов, определяющих качество руд и получаемых при щелочно-кислотной доводке ниобийсодержащих концентратов, а также выбор способа их дальнейшей переработки.

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КРУПНОПОРЦИОННОЙ СОРТИРОВКИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РУД В ТРАНСПОРТНЫХ ЕМКОСТЯХ НА РУДОКОНТРОЛИРУЮЩЕЙ СТАНЦИИ (РКС) ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ СКВАЖИН

С.И. Цымбалист, В.К. Рябкин

ФГБУ «ВИМС», Москва

Крупнопорционная сортировка добываемой горнорудной массы в транспортных емкостях на рудоконтролирующих станциях

осуществляется по данным экспресс-опробования ядернофизическими методами измерения с выделением некондиционной руды и товарной руды (бедной, рядовой и богатой). Необходимым условием сортировки руды является наличие неравномерности распределения полезных компонент в недрах (так называемая контрастность в недрах), а так же возможность отбойки и транспортировки с минимальным перемешиванием, сохраняя порционную контрастность, т.е. различие в содержаниях компонент в порциях доступное для уверенного определения средствами измерения.

Прогнозирование показателей разделения при изучении контрастности в недрах, проводится по данным опробования скважин и горных выработок для заданной элементарной порции или ее линейного эквивалента по содержанию методом фракционного анализа с получением **предельных** технологических показателей.

При валовой взрывной отбойке уступа карьера высотой 5 метров за линейный эквивалент порции принимается пятиметровый интервал опробования вкрест простирания, поскольку при отбойке и экскавации происходит существенное перемешивание руды в навале. В результате транспортируемые порции имеют близкие содержания, и сортировка получается только по отбитым уступам. Для сохранения природной неравномерности применяется селективная отбойка по данным геофизического опробования в сочетании с выборочной экскавацией.

Таким образом, для расчетов прогнозных показателей сортировки используются результаты секционного опробования с учетом их длины. Расчеты выполняются на массиве данных в пределах предполагаемого технологического контура отработки по всем полезным компонентам, для которых дистанционное определение содержаний в транспортных емкостях обеспечено современной аппаратурой: РКС.

Пример расчета по содержанию TR_2O_3 для руд Чуктуконского рудного поля приведен в табл. 1.

Таблица 1

Фракционный состав интервалов опробования керна по содержанию Fe_2O_3 и предельные технологические показатели сортировки для основных и попутных компонентов редкометалльных руд Чуктуконского рудного поля

№ фр	Некондиционная руда										
	Вых., %	Содержание, %					Извлечение, %				
		Nb_2O_5	ΣTR_2O_3	Y_2O_3	Sc_2O_3	Fe_2O_3	Nb_2O_5	ΣTR_2O_3	Y_2O_3	Sc_2O_3	Fe_2O_3
1	36,04	0,180	0,382	0,080	0,006	6,44	9,24	6,28	13,97	55,35	7,07
2	38,13	0,192	0,403	0,079	0,006	6,86	10,41	7,00	14,62	56,68	7,98
3	40,12	0,208	0,437	0,078	0,006	7,30	11,86	7,98	15,26	57,90	8,93
4	41,58	0,221	0,455	0,078	0,006	7,65	13,09	8,62	15,73	58,87	9,69
5	43,45	0,232	0,477	0,077	0,006	8,12	14,37	9,45	16,35	60,11	10,75
6	47,71	0,263	0,564	0,084	0,006	9,32	17,83	12,27	19,47	63,05	13,55
7	48,87	0,272	0,593	0,084	0,005	9,68	18,93	13,22	20,02	63,66	14,41
8	52,71	0,308	0,738	0,091	0,005	10,95	23,11	17,74	23,36	65,71	17,59
9	100,00	0,703	2,194	0,205	0,004	32,82	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0

№ фр	Товарная руда										
	Вых., %	Содержание, %					Извлечение, %				
		Nb ₂ O ₅	ΣTR ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Sc ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	ΣTR ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Sc ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	63,96	0,997	3,214	0,276	0,003	47,69	90,76	93,72	86,03	44,65	92,93
2	61,87	1,018	3,297	0,284	0,003	48,82	89,59	93,00	85,38	43,32	92,03
3	59,88	1,034	3,371	0,291	0,003	49,92	88,14	92,02	84,74	42,10	91,07
4	58,42	1,046	3,431	0,296	0,003	50,74	86,91	91,38	84,28	41,13	90,31
5	56,56	1,064	3,512	0,304	0,003	51,79	85,63	90,55	83,65	39,89	89,25
6	52,29	1,104	3,680	0,316	0,003	54,26	82,17	87,73	80,53	36,95	86,45
7	51,13	1,114	3,723	0,321	0,003	54,94	81,07	86,78	79,98	36,34	85,59
8	47,29	1,143	3,816	0,333	0,003	57,19	76,89	82,26	76,64	34,29	82,41
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица состоит из двух частей. В левой части представлены результаты разделения на фракции по признаку разделения или по содержанию с указанием верхнего предела фракции и технологических показателей для фракции. Выбрано достаточное количество фракций для характеристики дифференциального распределения. В правой части представлены интегральные характеристики по выходу и извлечению полезных компонентов при изменении верхнего предела признака разделения или граничного содержания с расчетом содержаний компонентов во фракциях. Содержания в нижней строчке для 100% некондиционной руды соответствует средним содержаниям в массиве данных. Выделенная строка обозначает предлагаемую границу разделения (сортировки) некондиционной и товарной руды с их технологическими показателями. Для получения показателей по сортам товарной руды требуется найти разность технологических показателей сорта верхней и нижней границ или просуммировать показатели фракций, входящих в сорт. Графическое представление, рис.1, дает более наглядное представление о характере изменения технологических показателей для некондиционной руды с изменением границы сортировки.

При отсутствии конкретных кондиций выбирается граница сортировки в соответствии с теоретическим принципом радиометрического обогащения о недопустимости потерь выше 10%. В приведенном примере (табл. 1) представляет интерес разделение по уровню 15% Fe₂O₃ с выходом отвального продукта 38,1% и извлечением 10,4% Nb₂O₅, 7,0% TR₂O₃.

Представленная таблица позволяет получить предельные технологические показатели сортировки для выбранных кондиций.

Таким образом, на примере руды Чуктуконского рудного поля показана принципиальная возможность реализации посамосвальской сортировки редкометалльных руд на рентгенорадиометрической РКС по признаку разделения, связанному с содержанием Fe.

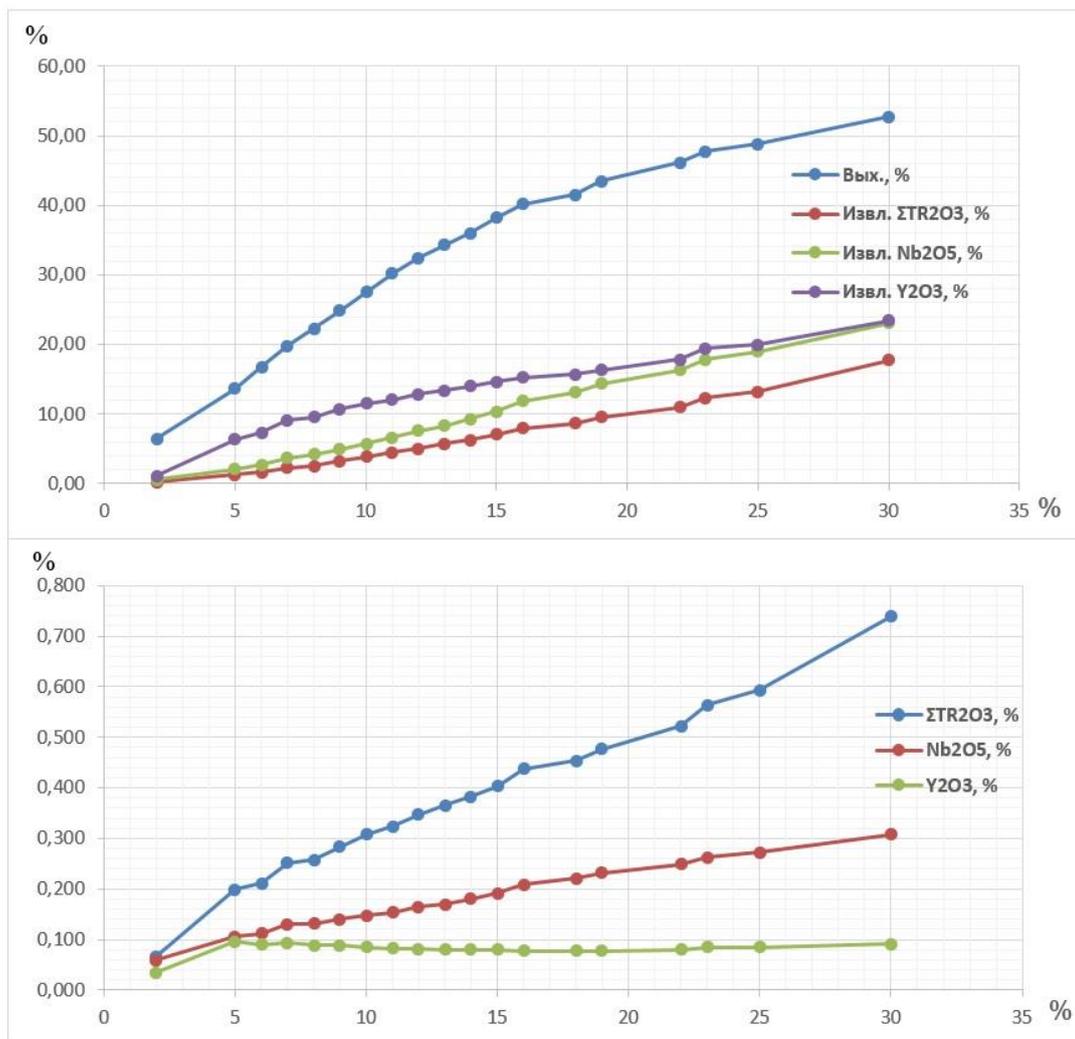


Рис. 1. Зависимости технологических показателей сортировки (выхода, извлечения и содержания компонентов в некондиционной руде) от границы сортировки по Fe₂O₃, %

ТОВАРНАЯ ПРОДУКЦИЯ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ РОССИИ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

О.С. Чеботарева, В.С. Пикалова

ФГБУ «ВИМС», Москва

Россия входит в тройку мировых лидеров по производству металлических титана и циркония, и их сплавов. Основным источником минерального сырья для производства этих стратегических металлов в мире служит один геолого-промышленный тип месторождений – прибрежно-морские россыпи с комплексными титан-циркониевыми рудами.

В России Государственными балансами запасов (ГБЗ) титана и циркония учтено 17 россыпных месторождений, из них 11 титан-

циркониевых с суммарными балансовыми запасами 762 млн м³ рудных песков. Не одно из них на сегодняшний день промышленно не отрабатывается (на Туганском ведется опытно-промышленная добыча в небольшом масштабе).

Товарной продукцией ГОКов, предполагаемых к строительству на базе этих месторождений, согласно ТЭО кондиций для подсчета запасов, являются цирконовый и титановые минеральные концентраты, а также нерудная продукция, доля которой может составлять до половины выручки предприятия (таблица 1). При составлении ТЭО жизнеспособность проекта оценивается в среднесрочном периоде исходя из максимальной комплексности использования недр, и далеко не всегда реализация всего спектра товарной продукции возможна в полном объеме на момент освоения месторождения.

Таким образом, всю нерудную продукцию титан-циркониевых россыпей целесообразно разделить на следующие группы: востребованную, но требующую значительных дополнительных затрат на доводку (к этой категории относятся стекольные пески высоких марок и щебень); умеренно востребованную (гранатовый, дистен-силлиманитовый и глауконитовый продукты и стекольные пески низких марок); невостребованную на сегодняшний день и не требующую значительных дополнительных затрат для её получения (кварцполевошпатовые пески, фосфориты с содержанием P₂O₅ менее 16%).

Таблица 1

Нерудная продукция титан-циркониевых россыпей России

Месторождение	Субъект федерации	Номенклатура нерудной продукции	Доля в выручке
Туганское	Томская обл.	Щебень; фракционированный кварцевый песок; кварцевые стекольные пески; песчаник	49,4
Центральное	Тамбовская обл.	Фосфориты; гранатовый продукт; глауконитовый продукт	16,1
Георгиевское	Томская обл.	Кварцевый стекольный марки Т	25,8
Бешпагирское	Ставропольский край	Полевошпато-кварцевый продукт; крупозернистый песок; песчаник	19,1
Самосновское	Омская обл.	Кварц-полевошпатовый продукт	19,4
Ордынское	Новосибирская обл.	Кварц-полевошпатовый продукт	0,1
Лукояновское	Нижегородская обл.	Кварцевый продукт	26,1
Тарское	Омская обл.	Кварц-полевошпатовый продукт	10,1
Камбулатское	Ставропольский край	Полевошпато-кварцевый и дистен-силлиманитовый продукт	15,7
Константиновское	Ставропольский край		0
Правобережное	Ханты-Мансийский АО		0

Главное требование стекольной промышленности к кварцевому песку – его чистота, определяемая содержанием SiO₂ (не менее 95,0-

99,8%), а также вредных примесей Al_2O_3 , Fe_2O_3 и других хромофоров; второе требование – оптимальный размер зерен 0,1-0,5 мм. При соответствии требованиям к качеству этого сырья можно оценивать потребность в нём не только исходя из заявленной по региону, но и в ограниченных количествах предполагать его реализацию в соседних регионах.

Объемы возможного производства умерено востребованной группы попутной продукции должны определяться в краткосрочной перспективе и в случае транспортной доступности предполагаемого потребителя. Учет возможной выручки от реализации попутной продукции третьей группы приводит к заведомому завышению потенциальной устойчивости проекта и может производиться только на момент начала промышленного освоения месторождения.

Иначе обстоит ситуация с реализацией рудных концентратов титан-циркониевых россыпей. В долгосрочном периоде вместе с развитием промышленности можно предполагать рост спроса на титановые и циркониевые концентраты. Наиболее дорогостоящими из них являются рутиловый и цирконовый концентраты, при этом динамика цен такова, что за последние 50 лет их стоимость ежегодно вырастала в среднем на 4 и 6% быстрее, чем ильменитового.

Цирконовый концентрат в мире в основном потребляется в качестве индустриального минерала, однако в России на сегодняшний день наиболее значительным сектором потребления является металлургическая промышленность, использующая украинский концентрат с содержанием ZrO_2 – 65%. С близким содержанием циркония получены концентраты почти на всех отечественных россыпных месторождениях. Суммарная видимая потребность в цирконовом концентрате составляет около 7 тыс. т в год и может быть практически полностью удовлетворена при освоении любого из отечественных месторождений с разумной производительностью ГОКа 2-3 млн m^3 в год.

Рутиловый концентрат потребляется преимущественно для производства сварочных электродов и, в небольших количествах, для производства титановой губки. Почти на всех месторождениях были получены концентраты по содержаниям TiO_2 и примесей соответствующие стандартному сварочному сорту (94-95% TiO_2). Потребность в рутиловом концентрате оценивается в 10-11 тыс. т в год и также может быть удовлетворена при производительности ГОКа в 2-3 млн m^3 в год.

Несмотря на тенденцию снижения доли ильменитового концентрата в структуре рудной товарной продукции, он является наиболее дефицитным видом титанового сырья среди всего спектра предполагаемых к производству. Ильменитовые концентраты титан-циркониевых россыпей, содержащие более 58% TiO_2 (месторождений Туганское, Центральное, Бешпагирское, Камбулатское и Константиновское), в целом соответствуют требованиям металлургической промышленности, однако не подходят для

пигментного производства по сульфатной технологии в связи с значительным превышением по содержанию примесей (в частности хрома). Суммарная потребность металлургической отрасли в ильменитовом концентрате оценивается в 120-140 тыс. т в год, для того чтобы покрыть её, с учетом средней удельной производительности по пяти вышеперечисленным объектам около 20 тыс. т ильменитового концентрата на 1 млн м³ рудных песков в год, потребуется освоение нескольких месторождений с суммарной производительностью ГОКов более 6 млн м³ в год. В этом случае объем производимых концентратов рутила и циркона превысит внутренние потребности более чем в два раза.

Такое перепроизводство при освоении месторождений в комплексе (или одного месторождения с большой производительностью) приведет к необходимости снижения удельной выручки от реализации рутиловых и цирконовых концентратов, и, вероятно, значительному уменьшению доли реализуемой попутной продукции. Поэтому при оценке экономической эффективности освоения титан-циркониевых россыпей России целесообразно уйти от стратегии полного импортозамещения и рассмотреть объекты с позиции максимального соответствия качества и количества производимых концентратов потребности отечественной перерабатывающей промышленности. Это позволит ускорить вовлечение месторождений в промышленное освоение.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХРОМОВЫХ РУД В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

И.В. Чепрасов

ФГБУ «ВИМС», Москва

Несмотря на существенный дефицит хромоворудного сырья для российской промышленности, из 51,8 млн. т утвержденных балансовых запасов в стране обрабатывается всего несколько месторождений с суммарными запасами в 14,1 млн. т. В то время, как ресурсный потенциал объектов, не вовлеченных в эксплуатацию, оценивается суммарно в более чем 200 млн. т. хромовых руд. Основной проблемой вовлечения в переработку хромовых руд отечественных объектов является низкое соотношение Cr_2O_3/FeO' (<3) в хромшпинелиде. В связи с этим при переработке хромовых руд всех высокожелезистых и высокоглиноземистых руд механическими методами обогащения отсутствует возможность получения из них концентратов, пригодных для выплавки стандартного феррохрома (сод. Cr $>65\%$). Мировой опыт при этом показывает, что это не является непреодолимым препятствием

для их успешной переработки и использования. Например, и убогие хромиты месторождения *Kemi*, Финляндия (26% Cr_2O_3) и бедные руды Бушвельдского комплекса в ЮАР (35-37% Cr_2O_3), те и другие повышенной железистости, успешно перерабатываются с получением чардж-хрома (феррохрома с пониженным содержанием хрома), который, наряду со стандартным феррохромом, применяют в качестве легирующей добавки при выплавке нержавеющей сталей [1,2]. Однако отечественная металлургическая промышленность требует качества концентратов, при которых возможно получение стандартного феррохрома, что является одной из основных причин отсутствия интереса к российским объектам.

В настоящее время в мире существует ряд способов переработки хромовых руд с получением низкоуглеродистого феррохрома как с применением пирометаллургических процессов, так и с применением сочетания пирометаллургических процессов с обогатительными, к таким способам относятся:

- восстановительный обжиг черновых хромитовых концентратов с последующей электромагнитной сепарацией;
- обезуглероживание феррохрома в твердом состоянии;
- обезуглероживание феррохрома в жидком состоянии.

Восстановительный обжиг черного хромитового концентрата с последующей магнитной сепарацией. Подготовка концентрата к электропеределу сводится к изготовлению партий окатышей, в состав которых входит концентрат, уголь и связующее, затем проводится восстановительный обжиг при температуре 1000-1100°C, измельчение и последующая магнитная сепарация всего металлизированного продукта. Известно, что восстановление железа начинается при температуре 800°C, но особенно активно проходит при температуре 1000°C, заканчиваясь в течение 12-15 мин. Повышение температуры до 1150°C увеличивает степень восстановления железа до 30-40%. Однако, наблюдается некоторый переход в железо и хрома. Установлено, что повышая температуру обжига окатышей можно в сильной степени влиять на отношение $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ [3].

Обезуглероживание феррохрома в твердом состоянии осуществляется в вакуумных печах. Углеродистый феррохром подвергается измельчению и затем окислительному обжигу. Поверхность зерен феррохрома покрывается тонким слоем оксида хрома. В результате окислительного обжига содержание кислорода в феррохроме повышается до 10% и более. Из смеси углеродистого и окисленного феррохрома вместе со связующим материалом изготавливают брикеты, которые обжигают в вакуумной печи. Температура в печи постепенно повышается до 1400°C, давление в печи понижается до 0,001 атм. Реакции окисления в твердых фазах происходят медленно, процесс продолжается 25–100 ч. В начале происходит окисление углерода в высших карбидах (Cr_3C_2 ; и Cr_7C_3), а затем окисление углерода в карбиде Cr_4C , в результате чего

содержание углерода в феррохроме снижается до 0,01–0,02%. После окончания процесса печь медленно охлаждают. Полученные таким образом брикеты содержат около 70% Cr и 0,01–0,02% C. При необходимости получить безуглеродистый азотированный феррохром в камеру печи во время ее охлаждения вводят азот при давлении 1 атм. Содержание азота в феррохроме повышается до 3–8%.

Обезуглероживание феррохрома в жидком состоянии. В металлургии наиболее производительными являются процессы, в которых обработке подвергаются жидкие продукты. Обезуглероживание феррохрома в жидком состоянии производится в конверторах путем воздействия на жидкий углеродистый феррохром газообразным кислородом. Струя кислорода проникает в жидкий металл и окисляет хром, а также некоторые другие примеси, содержащиеся в сплаве. Образующаяся в конверторе оксидная фаза насыщена оксидами хрома; взаимодействие оксида хрома с углеродом приводит к окислению углерода. В первом приближении углеродистый феррохром можно рассматривать как раствор углерода в железо-хромистом расплаве, не уточняя, в виде каких карбидов углерод находится в расплаве. Способ обезуглероживания феррохрома в конверторе позволяет получать среднеуглеродистый феррохром. Более высокая степень обезуглероживания может быть достигнута при ведении плавки в индукционных печах при более высоком вакууме. Такой способ был исследован в лабораторном и промышленном масштабе. Исследования показали, что при проведении обезуглероживания при 1650–1700°С и давлении 0,01–0,005 атм. возможно получение феррохрома с 0,01–0,02% C. Однако этот способ еще не получил широкого промышленного применения, так как вакуумные печи для рафинирования феррохрома еще недостаточно освоены промышленностью [3].

В случае внедрения приведенных выше способов на обогатительных и металлургических производствах появится возможность для переработки некондиционных концентратов обогащения хромовых руд отечественных объектов, в том числе относящихся к нераспределенному фонду. Это позволит повысить ресурсный потенциал разведанных объектов хромовых руд, а также вовлечь в производство новые, поспособствует импортозамещению в области получения сырья для отечественных металлургических предприятий.

Литература

1. Сайт <http://www.mining-technology.com/projects/kemi/> дата обращения 18.04.2017
2. Сайт <http://www.mining-technology.com/projects/samancor/> дата обращения 21.04.2017
3. Пат. 2460813 Российская Федерация, Роцин Василий Ефимович (RU), Роцин Егор Васильевич (RU), Роцин Антон Васильевич (RU). Способ

селективного извлечения металлов из комплексных руд, патентообладатель Рощин Антон Васильевич.

4. Украинская ассоциация сталеплавильщиков [Электронный ресурс] Электрон. дан. Донецк, 2012 Режим доступа: <http://uas.su/allmet/4ferroalloys/cr/004.php>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

НЕСТАБИЛЬНОСТЬ НИКЕЛЕВОГО РЫНКА И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ПОЛИТИКИ ОТДЕЛЬНЫХ СТРАН-ПРОДУЦЕНТОВ

А.Д. Чернова

ФГБУ «ВИМС», Москва

Мировая сырьевая база никеля представлена двумя основными геолого-промышленными типами руд, которые в настоящее время являются равнозначными источниками металла для промышленности. Значимыми запасами комплексных руд сульфидного медно-никелевого промышленного типа обладают Россия, Канада, ЮАР, США, Австралия. Основными держателями ресурсов силикатных кобальто-никелевых («латеритных») руд относятся Индонезия, Филиппины, Новая Каледония, Куба, Австралия.

Продуктом полного цикла металлургической переработки сульфидных руд является особо чистый рафинированный никель. Латеритные же руды используются, в основном, для выпуска менее качественных ферроникеля и чернового ферроникеля с низкими содержаниями металла. Все типы конечной продукции используются, преимущественно, в сталелитейной промышленности для выпуска различных марок стали. Причём, чем чище используемое сырьё, тем выше качество получаемой стали.

Мировое потребление первичного никеля за прошедшее десятилетие выросло, в целом, почти в полтора раза и в 2015 г. составило 1,9 млн т. К крупным потребителям относятся индустриально развитые страны, в первую очередь страны Азии. В Китае потребление никеля в сталелитейной отрасли достигло в 2015 г. 980 тыс. т в пересчёте на металл, более чем в два раза увеличившись по сравнению в 2009 г. Вторым важным потребителем является Япония, где уровень использования относительно стабилен и составляет в среднем 150 тыс. т металла в год. Металл также востребован в США и Южной Корее, где потребление составляет более 100 тыс. т никеля в год. В Германии, Италии, Тайване ежегодно используется свыше 50 тыс. т [1].

Структура сырьевого обеспечения мировой никелевой промышленности значительно изменилась с конца 90-х годов XX века: если до конца прошлого века ведущая роль на никелевом рынке принадлежала странам Северной Америки и Европы, то с начала

нового века всё большую активность стал проявлять Китай, менее чем за десять лет ставший лидером как в мировой металлургии, так и в мировой экономике в целом.

Поскольку для обеспечения промышленного сектора Китая его собственной ресурсной базы никеля недостаточно, стало расти количество ввозимой в страну руды. Основным источником латеритного сырья для китайских продуцентов никельсодержащей продукции стали недра Индонезии, где рост добычи начался практически одновременно с развитием промышленности Китая, а пиковое значение было достигнуто в 2014 г и составило 834,2 тыс. т в пересчете на никель [1]. Этот взлет добычи и последовавший в 2015 г. резкий ее спад был вызван принятым правительством Индонезии с начала 2014 г. ограничением на вывоз никелевой продукции, содержащей менее 4% металла, т.е. всей добываемой руды. Запрет перекрыл китайским продуцентам источник сырья, что не могло не сказаться на стоимости никеля, которая впервые за пятилетие начала расти под угрозой сокращения поставок.

В то же время, в Китае для основных промышленных регионов правительство приняло программу повышения экологических норм и запустило мониторинг их соблюдения. В результате были закрыты многие металлургические заводы. Спрос на товарную руду сократился, что усугубило снижение цен.

Однако Китай не остался совсем без сырья с 2015 г. на позицию основного поставщика вышли Филиппины, что позволило избежать дефицита на рынке и не привело к ожидаемому росту стоимости никеля. В середине 2016 г. после смены главы правительства на Филиппинах сырьевая политика страны тоже претерпела изменение. В целях снижения экологического ущерба от действующих производств по итогам проверок были закрыты около трети действующих производств, а в текущих планах правительства и вовсе закрытие всего горнодобывающего сектора. Как следствие, количество поставляемого сырья в Китай сократилось, что привело к повышению биржевой цены за тонну никеля.

Безусловно, Филиппины не являются единственным поставщиком латеритных руд для китайских продуцентов. Потребности в сырье в состоянии удовлетворить поставщики Новой Каледонии и Австралии. Кроме того, возможно возобновление экспорта из Индонезии.

В 2016 г. среднегодовая цена на никель составила 9,6 тыс. долл США за тонну, что оказалось в полтора раза ниже уровня кризисного 2009 г., когда металл стоил 14,7 тыс. долл США. Такая цена делает нерентабельным практически половину действующих производств и не способствует старту новых проектов.

В 2014 г. в мире насчитывалось более 80 действующих производств и более 40 проектов освоения, где никель выступал в качестве как основного, так и попутного компонента. При текущих

ценах большинство действующих производств работают в убыток, а на проектируемых предприятиях финансово-экономические оценки были проведены с учётом более высоких цен. К середине 2016 г. были закрыты три действующих рудника в Бразилии, Австралии и Испании, к концу года их число увеличилось. Число проектов с отложенной реализацией по причине нерентабельности к концу года достигло двух с половиной десятков.

В то же время в связи с запуском новых металлургических заводов в Индонезии, и восстановления промышленности Китая после модернизации действующих мощностей, в ближайшей перспективе возможен очередной рост потребления никелевого сырья. И, как следствие, новый виток роста стоимости металла, который позволит большинству продуцентов восстановить рентабельность производств и запустить проекты освоения новых никелевых месторождений.

Литература

1. International Nickel Study Group. World Nickel Statistics. Yearbook. Vol. XXV. No 11 2016, November.

ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АРАВИЙСКО-НУБИЙСКОГО ЩИТА

Х.Э. Шарафелдин

МГРИ-РГГРУ, Москва

Месторождения золото-полисульфидных руд в малых интрузивных телах определяют металлогению золота Аравийско-Нубийского щита [3]. Аравийско-Нубийская территория севера Африки являлась первой золотоносной провинцией в мире, на которой в древности было добыто около 3,5 тыс. тонн золота. В пределах Аравийско-Нубийского щита обнаружено более тысячи древних рудников, в основном по добыче золота, серебра и меди. Возраст некоторых из них превышает 5 тыс. лет.

Аравийско-Нубийского щит, расположен между Восточной и Западной Гондваной на северном окончании Восточно-Африканского орогена, является обширной неопротерозойской коллизионной зоной надвигов, которая образует тектоническую зону, выполненную породами офиолитовой ассоциации и вулканогенно-метаосадочными отложениями.

Ультрамафические породы, связанные с офиолитами в основном преобразованы в серпентиниты и породы хлорит-карбонатного состава. Существует пространственная связь между метасоматическими ореолами карбонатизации ультрамафических пород, внедрённых в них гранитных интрузивов и минерализацией золота.

Концентрация золота в карбонатизированных метавулканических породах на три порядка выше, чем в неизмененных ультрамафитах, что свидетельствует о роли карбонатного метасоматоза в формировании месторождений золота.

Рудный район месторождения Sukari приурочен к поясу офиолитовых пород островной дуги с внедрёнными в них синорогенными интрузивами массивами. Диориты и дайки фельзитов были внедрены в породы офиолитового комплекса на позднеорогенном этапе.

Над офиолитовым комплексом залегают островодужные вулканогенно-обломочные отложения, в которые внедрены граниты Sukari. Вулканогенно-обломочные породы являются наиболее широко распространенными породами района. Они образуют удлинённый пояс, северо-восточной ориентировки совпадающий с мощными и выдержанными метавулканиками и сланцами, слагающими островную дугу. Серпентиниты и карбонатизированные оталькованные породы спорадически встречаются в преобладающем комплексе метавулканических пород островной дуги. Контакты между карбонатизированными серпентинитами и вмещающими породами являются тектоническими.

Метавулканические породы по составу являются метабазами, метабазальтовыми андезитами, изменёнными в хлоритизированные сланцы зеленосланцевой и амфиболитовой фации метаморфизма. Они слагают кулисообразно расположенные пластины надвига, в составе которых отмечены фрагменты рудоносных гранитов.

Золотая минерализация рудного поля месторождения Sukari контролируется сопряженными зонами сдвига по системе субширотных разломов, ориентированных диагонально к простиранию зоны коллизии.

На основе данных Pb/U изотопного анализа для изверженных пород возраст установлен возраст 689 ± 3 млн. лет [1]. Поэтому, гранит Sukari не является, как ранее предполагалось, одним из молодых интрузивных образований. Интрузив гранитов Sukari был внедрен в вулканогенно-обломочные метаотложения, и его региональное положение согласно с элементами залегания вмещающих древних слюдяных сланцев. Интрузив Sukari, не содержит ксенолитов, является лейкократовым и крупнозернистым.

Цирконы из трех образцов гранита, были образованы по данным $^{206}\text{U}/^{238}\text{U}$ изотопного метода приблизительно 663 – 672 млн. лет [4], что позволяет относить граниты Sukari к синорогенным. По данным изотопных отношений Rb/Sr проявление щелочного и карбонатного метасоматоза гранита соответствует времени 520 ± 11 млн. лет [2].

Контакты между интрузивом гранитов Sukari и вмещающими породами субвертикальные и местами опрокинуты. Контактные зоны интрузива прослежены в двух главных направлениях: NNE-SSW и NE-SW и соответствуют фронтальным границам пластин надвига. Главная минерализованная зона в интрузиве Sukari прослежена вдоль контакта

между гранитом и вулканогенно-обломочными метаотложениями. Главная золотоносная жила кварца прерывисто прослежена в NE-SW направлении на 450 м., с углами падения 30-55 ° на SE и сопровождается серией множественных прожилков, оперяющих главную зону. Главная жила молочно-белого кварца с сульфидами имеет мощность 2,5 м. и сопровождается сильным гидротермальным изменением метаотложений в контакте с минерализованной жилой (рис. 1).

Гранитный интрузив образовался на контакте с мафитовыми и ультрамафитовыми породами и выступал в качестве источника теплового потока, что способствовало миграции флюидов, которые выщелачивали золото из вмещающих пород и отлагали его в пределах проницаемых зон трещиноватости пород в гранитах.

Во всех кварцевых золотоносных жилах золото находится в ассоциации с пиритом или с агрегатами пирита и арсенопирита. Зоны прожилковой минерализации состоят из массивного кварца с рассеянным золотом и сульфидными минералами.

Минерализованные жилы структурно контролируются плоскостями разлома или зонами интенсивной трещиноватости. Основные жилы сопровождаются серией параллельных прожилков и образуют рудные зоны значительной мощности по сравнению с жилами.



Рис. 1. Схематическая геологическая карта месторождения Sukari
 1 – гранитоиды; 2 – метагаббро-диориты;
 3 – вулканокластические метаосадочные породы

В жильных зонах отмечены ореолы гидротермальных изменений, которые прослежены на 1- 2 м по обе стороны от жил и представлены серицитизацией, хлоритизацией и пиритизацией. Гидротермально измененные породы относятся к метасоматической формации березитов и также являются золотоносными.

Литература

1. Loizenbauer, J., Wallbrecher, E., Fritz, H., Neumayr, P., Khudeir, A.A., Kloetzil, U., Structural geology, single zircon ages and fluid inclusion studies of the Meatiq metamorphic core complex: implications for Neoproterozoic tectonics in the Eastern Desert of Egypt. Precambr. Res. 2001. -110, pp.357–383.
2. Ghoneim, M.F., Bjoriykke, A., & Harraz, H.Z., Rb/Sr and Sm/Nd Isotopic Systems of El Sukari Granite, Eastern Desert, Egypt. Proc. First International Conference on the Geology of Africa, Assiut, Egypt, Nov 1999, vol. 1, pp. 281-282.
3. Helmy, H.M., Kaindl, R., Fritz, H., The Sukari gold mine, Eastern Desert-Egypt: structural setting, mineralogy and fluid inclusion study. Mineralium Deposita, 2004. 39, pp. 495–511.
4. Talavera, C. Zircon SHRIMP Geochronology of Samples from Sukari Porphyry (Egypt). Unpublished Report for Greg Hall., 2013. pp.12

ВЫДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА УГЛЕЙ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА ШОПТЫКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАХОЖДЕНИЯ НА НЕМ УГЛЕЙ ДЛИННОПЛАМЕННОГО ТИПА

Э.Р. Шарафудинова

ТОО «Майкубен-Вест», Казахстан, г. Экибастуз

В докладе рассматриваются перспективы и особенности выделения качественных углей длиннопламенного типа на северном фланге Шоптыкольского месторождения.

Основная задача это выделение низкометаморфизованных каменных углей марки Д.

Анализируемыми качественными показателями являлись зольность, блеск и влага углей. При этом из результатов ранее проведенных геологоразведочных работ были учтены и приняты интервалы глубин с углями низкой зольности, влаги и с высокой отражательной способностью.

Основными исследуемыми характеристиками являлись качественные показатели каменных углей низкой стадии метаморфизма, относящиеся к марке «Д» и граничащие с бурым углём. По классификации углей США они являются суббитуминозными углями. При этом основными анализируемыми параметрами являлись показатель отражения витринита $R_{o,r}$ (0,4-0,6). Выход летучих веществ (V^{daf}) более -28-30%). Теплота сгорания на влажное беззольное состояние ($Q_s^{af} \geq 24$ МДж/кг), Влага W углей марки Д колеблется от 8 до 20%. Содержание серы S_1^d – от 0,2-0,8%.

По Международной системе кодификации углей среднего и высокого рангов (каменных и бурых углей) ГОСТ 30313-95, установлена марка Д на основе показателя отражения витринита $R_{o,r}$ (0,4-0,6).

К каменным углям марки Д угольного горизонта I-Ш Шоптыкольской свиты (*J₂šp*) на Шоптыкольском бурoughольном месторождений в соответствии с Международной системой кодификации углей ГОСТ 30313-95 предлагаются угли с произвольным показателем отражения витринита от 0,42 до 0,47, выходом летучих веществ в среднем 43,6%, массовой долей общей рабочей влаги 14,09%, максимальной молекулярной влагоёмкостью до 20%. В результате научно-исследовательской работы установлен «порог зольности» – $\leq 10,75$ % предел зольности, характеризующий каменные угли марки «Д» на участке первоочередной отработки Шоптыкольского месторождения. Значения рабочей влаги и максимальной молекулярной влагоёмкости незначительно отличаются между собой и находятся в пределах погрешностей определений, что является характерным качеством для каменных углей.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛИБДЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ НОВОГО СЫРЬЕВОГО ОБЪЕКТА (МЕСТОРОЖДЕНИЕ БАДИС)

Д.Г. Петкевич-Сочнов, А.В. Троицкий

ФГБУ «ВИМС», Москва

Исследования по флотационному обогащению проводились на пробе руды кварц-медно-молибденитового типа молибден-порфиорового месторождения Бадис (Республика Саха, Якутия).

Руды подобного типа являются не только источником меди и молибдена, но и представляют потенциальный интерес как источник рения, извлекаемого из молибденовых концентратов.

Объектом исследований являлась проба Т-2, дроблёная до крупности -3+0 мм, основными ценными компонентами которой являются молибден (0.068% Mo) и медь (0.062% Cu). По содержанию молибдена руда относится к убогому типу. Основными рудными минералами являются молибденит, пирит и ярозит. В качестве нерудных минералов в руде присутствуют кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз, слюда и апатит.

Задачей проведения исследований являлось получение молибденового ренийсодержащего и медного концентратов.

В ходе выполнения исследований:

– проведено аналитическое и минералогическое изучение классов крупности исходной дробленой руды, а также классов крупности при различной тонине помола,

– изучена кинетика флотации при различной тонине помола исходной руды,

– установлены оптимальные параметры флотационного обогащения (крупность исходного питания, номенклатура и расход реагентов и др.).

По результатам исследований была разработана принципиальная технологическая схема, основными операциями которой являлись:

– измельчение дробленой руды до крупности $-0.1+0$ мм и коллективная медно-молибденовая флотация,

– доизмельчение пенного продукта до крупности $-0,045+0$ мм и селекция меди и молибдена,

– селективная медная флотация камерного продукта и последующие перечистки с получением медного концентрата,

– селективная молибденовая флотация пенного продукта, последующая пропарка и молибденовая флотация с получением молибденового концентрата.

Про разработанной технологической схеме проведены лабораторные исследования в открытом цикле, с использованием следующих реагентов:

– коллективная сульфидная флотация – жидкое стекло, сода, КОН-92, Т-66, бутиловый ксантогенат,

– коллективная медно-молибденовая флотация – жидкое стекло, гексаметафосфат, сернистый натрий, КОН-92, Т-66, бутиловый ксантогенат,

– селективная медно-молибденовая флотация – жидкое стекло, гексаметафосфат, сернистый натрий,

– селективная молибденовая флотация – сернистый натрий, эмульсия керосина, бутиловый ксантогенат,

– селективная медная флотация – СаО, бутиловый ксантогенат, Т-80,

– молибденовая флотация – эмульсия керосина, Т-66,

– пропарка – сернистый натрий.

По результатам лабораторных исследований получен молибденовый концентрат с содержанием 40.3% Мо при его извлечении 58.37% от руды. Содержание рения в молибденовом концентрате в цикле селекции составляет 35 г/т (при 15% Мо).

Попутно получен медный концентрат марки КМ-6 с содержанием 18.6% меди при его извлечении 36.8% от руды.

Резервом повышения извлечения Мо в замкнутом цикле флотации является молибденовый промпродукт с содержанием 8.92% и извлечением 11.09% Мо. Другие промпродукты молибденового и медного циклов (суммарно 0.38% Мо при извлечении 8.89% и 1.15% Си при извлечении 29.69%) при замкнутой схеме флотационного обогащения также будут служить резервом повышения извлечения молибдена и меди в концентраты.

Высокие потери молибдена и меди в отвальных хвостах связаны со значительным их выходом (98.1% от руды), что обусловлено

низким содержанием этих металлов в руде (0.068% Mo и 0.062% Cu).

Работы выполнялись в технологическом (под руководством проф., д.т.н. Иванкова С.И.) и минералогическом (под руководством проф., д.г.-м.н. Пирогова Б.И.) отделах ФГБУ «ВИМС». В технологических исследованиях также принимали участие н.с. Любимова Е.И. и инж. Чернушкина И.В.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ ФЛЮОРИТ-БЕРИЛЛИЕВЫХ РУД НА ПРИМЕРЕ РУДНОГО ПОЛЯ СНЕЖНОЕ

А.В. Троицкий, Д.Г. Петкевич-Сочнов

ФГБУ «ВИМС», Москва

Объектом технологических исследований являлась проба флюорит-бериллиевой руды рудного поля Снежное, расположенного в Окинском районе Республики Бурятия.

В поступившей технологической пробе главными ценными компонентами являлись флюорит и бериллий (4,33 CaF₂ и 1,86% BeO). Особенности вещественного состава пробы прогнозировали эффективное флотационное обогащение с получением приемлемых технологических показателей процесса.

Флотация флюорит-бериллиевой руды была осуществлена по принципиальной технологической схеме с использованием флотационных реагентов – соды, жидкого стека, олеата натрия, соснового масла, щелочи и сернистого натрия. Минералогическими исследованиями была установлена оптимальная крупность измельчения (-0,074+0 мм), что было подтверждено результатами гранулометрической характеристики руды, измельченной до крупности -0,1+0 мм, -0,074+0 мм и -0,044+0 мм.

Исследования по установлению оптимальных условий проведения экспериментов показали, что при удовлетворительных показателях флюоритовой флотации, флотация бериллиевых минералов протекает со значительными потерями бериллия с продуктами флюоритового цикла и хвостами бериллиевого цикла (в сумме – 60,0% BeO) при минимальном извлечении (20,1%) в пенный продукт основной бериллиевой флотации.

Отрицательные результаты флотации бериллиевых минералов связаны с недораскрытием сростков этих минералов при измельчении, а так же со значительным преобладанием сложной по составу вмещающей породы по отношению к количеству берилла и фенакита.

В дальнейшем основными направлениями в исследованиях по флотации бериллиевых минералов и флюорита являлись:

– изучение возможности выделения в голове процесса легкофлотируемых темноцветных минералов (биотит, роговая обманка) за счет введения операции сланцевой флотации с применением селективных пенообразователей и аполярных реагентов.

– применение пропарки концентрата основной флюоритовой флотации для упрощения схемы и снижения расхода жидкого стекла;

– коррекция реагентного режима бериллиевой флотации.

Учитывая поправки, была разработана уточненная технологическая схема (рис. 1).

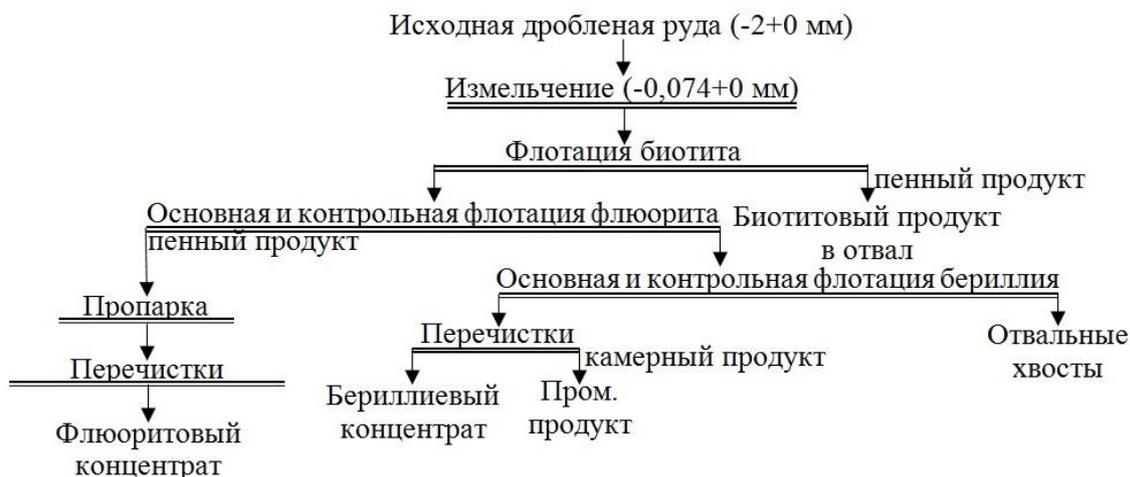


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема флотации флюорит-бериллиевых руды рудного поля Снежное

Проведенные исследования по изучению обогатимости флюорит-бериллиевой руды по уточненной схеме позволили установить возможность получения бериллиевого концентрата с содержанием 10,8% при извлечении 68% от руды и флюоритового концентрата марки ФК-75 с содержанием 79,8% CaF_2 при его извлечении от руды 74,2%. Также были получены промпродукты бериллиевых и флюоритовых перечисток, которые являются резервом повышения извлечения в замкнутом цикле флотации.