

121 г/т). Разрабатывается на Ге Павловское месторождение в Приморском крае. Германий-угольные месторождения Приморья и Забайкалья, при условии их освоения, способны удовлетворить прогнозируемый внутренний спрос на ближайшие годы.

Рассеянные элементы, к которым, кроме Sc, Ge и Re, относятся V, Cd, Tl, Se, Ga, Hf, In, Rb, Cs, Te обычно входят в состав минералов в виде примесей и извлекаются из комплексных руд, а чаще из продуктов их передела — концентратов (Pb, Zn, Fe, Ti, Mo, Sn, W) или хвостов обогащения (Fe, Ni, флюорит) и передела (Al, Fe и др.).

Кроме официально установленных «стратегических металлов» к ним целесообразно отнести ванадий и индий, а среди редких земель, кроме лантаноидов иттриевой группы, также неодим и празеодим.

Известно, что от открытия месторождения до промышленного освоения требуется не менее 10–15 лет. Соответственно первоочередной задачей геологической службы является геолого-экономическая переоценка существующей минерально-сырьевой базы, что немыслимо без государственной поддержки. Несомненно также необходимость проведения поисково-оценочных работ, направленных на выявление высокорентабельных месторождений.

Потребность Российской Федерации в редких металлах, даже стратегических, не установлена. Для освоения и развития МСБ редких металлов необходимо:

1. Определить спрос на редкие металлы на основе стратегического планирования деятельности российских промышленных предприятий с учетом экспортных возможностей.

2. Внедрить (при необходимости доработать) инновационные технологии добычи и переработки руд редкометалльных месторождений и горно-металлургических предприятий, где возможно попутное производство редких металлов.

3. Создать полный цикл производства — от добычи до редкометалльной высокотехнологичной товарной продукции высокой степени (4, 5) передела на основе частно-государственного партнерства.

4. Особое внимание уделить оценке и освоению техногенных образований (месторождений), как реальных источников редких металлов, прежде всего, редких земель, скандия, бериллия, лития, циркония.

5. Активизировать ГРП на гидроминеральное сырье и низкокомплексные редкометалльные объекты — литиеносные рассолы, инфильтрационные рениевые руды, иттрий и лантаноиды иттриевой группы в корях выветривания и др.

6. Создать государственный резерв стратегических редких металлов и уточнить список этих металлов.

Существующая МСБ редких металлов, где выделены месторождения, которые реально могут быть вовлечены в промышленное освоение в ближайшие годы, способна не только полностью удовлетворить потребности отечественной промышленности в редких металлах, но и выйти с самой разнообразной редкометалльной продукцией на мировой рынок. Однако это может произойти только при государственной поддержке развития редкометалльной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипова, Н.А. Модель развития промышленности и рынка РЗМ в России / Н.А. Архипова, Е.Н. Левченко, Н.М. Волкова, Т.Ю. Усова // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 13–18.
2. Быховский, Л.З. О перспективах и очередности освоения минерально-сырьевого потенциала редкоземельного и скандиевого сырья России / Л.З. Быховский, С.Д. Потанин, Е.И. Котельников // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 8. — С. 3–8.
3. Быховский, Л.З. Перспективы обеспечения потребностей высокотехнологичных производств России редкометалльным минеральным сырьем / Л.З. Быховский, Е.Н. Левченко, Т.Д. Онтоева, В.С. Пикалова, А.А. Рогожин // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 106–115.
4. Кременецкий, А.А. Критические звенья высоких технологий / А.А. Кременецкий, Н.А. Архипова // Металлы Евразии. — 2014. — № 2. — С. 38–41.
5. Темнов, А.В. Сценарий реализации минерально-сырьевого потенциала комплексных редкометалльных месторождений Зиминского рудного района / А.В. Темнов, В.С. Пикалова // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 7. — С. 54–60.
6. Торикова, М.В. Природные ряды концентрирования литиеносных рассолов, определяющие технологию извлечения лития / М.В. Торикова, Е.Д. Михеева // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 8. — С. 53–56.

© Быховский Л.З., Архипова Н.А., 2016

Быховский Лев Залманович // vims@df.ru
Архипова Надежда Александровна // arkna@yandex.ru

УДК 549.08:553.087

Левченко Е.Н. (ФГУП «ИМГРЭ»), Ожогина Е.Г. (ФГБУ «ВИМС»)

МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ В СИСТЕМЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР, ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО СЫРЬЯ

*Рассмотрены современные задачи минералого-технологического сопровождения в системе геологического изучения недр, добычи и переработки редкометалльного сырья. На примере конкретных объектов рассмотрены возможности геолого-технологического картирования. **Ключевые слова:** редкометалльные руды, стадии геологоразведочных работ, минералогические исследования, технологические испытания, геолого-технологическое картирование.*

Levchenko E.N. (IMGRE), Ozhogina E.G. (VIMS)

MINERALOGICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT IN THE GEOLOGICAL EXPLORATION OF MINERAL RESOURCES, MINING AND PROCESSING OF RAW MATERIALS RARE-METAL ORE

*Considered modern mineralogical and technological tasks in the system of geological exploration, extraction and processing of rare metal ores. For example, specific objects considered possible geological-technological mapping. **Keywords:** rare-metal ore, exploration stage, mineralogical studies, technological tests, geological-technological mapping.*

К особенностям отечественных руд редких металлов, отличающих их от зарубежных аналогов, относятся сложный текстурно-структурный рисунок, включая значительное количество тонкодисперсных фаз, полиминеральный состав, обусловленный одновременным присутствием минералов разных парагенезисов, широко развитыми изоморфными замещениями, прежде

всего, в структурах рудных минералов, радиоактивность. Руды в большинстве своем относятся к категории труднообогатимых, а иногда и необогатимых. Поэтому геологическое изучение редкометалльных объектов и их промышленное освоение должно сопровождаться научно обоснованными минералого-технологическими исследованиями. Только в этом случае можно получить достоверную информацию о вещественном составе и технологических свойствах сырья, позволяющую принимать стратегические и тактические решения относительно конкретных сырьевых объектов.

По существу, минералого-технологическое сопровождение современного недропользования ориентировано на оценку качества минерального, в том числе и редкометалльного сырья. Оценка качества твердых полезных ископаемых проводится на всех стадиях изучения и освоения недр, однако в соответствии с действующими требованиями особое внимание сегодня уделяется оценке качества полезных ископаемых на ранних стадиях геологического изучения сырьевого объекта, так как уже на стадии определения прогнозных ресурсов P_1 требуется укрупненная геолого-экономическая оценка объекта. В связи с этим технологические аспекты минералогического изучения полезных ископаемых существенно расширились и стали не только доминирующими, но и приобрели новое содержание, что обусловило интенсивное развитие технологической минералогии, главной задачей которой является создание научно-методических основ рационального освоения минерального сырья. Решение этой задачи возможно только при глубоком изучении состава и свойств отдельных минералов и их ассоциаций, позволяющих выявить связь и природу зависимости технологических показателей переработки руд (пород) от их вещественного состава.

На начальной стадии геологического изучения недр проводится их региональное геологическое изучение и прогнозирование полезных ископаемых (съемки в масштабах 1:1000000 и 1:500000). Как правило, основными лабораторными методами являются химические. Применение методов минералогического анализа определяется необходимым объемом, требующимся для предварительной оценки предполагаемого промышленного типа

руд. Отнесение рудных проявлений к потенциально перспективным обычно проводится по аналогии, обоснованной совокупностью геологической информации по региону и аналитическим данным. На этой стадии оцениваются прогнозные ресурсы кат. P_3 , которые в последнее время часто квалифицируют как минералогический потенциал.

Оценка прогнозных ресурсов кат. P_2 и затем кат. P_1 в пределах сырьевого объекта всегда проводится с учетом данных минералого-аналитических исследований, позволяющих определить химический, минеральный, гранулярный состав руды, реальный состав и свойства полезных минералов.

При проведении поисково-оценочных работ применяется более широкий комплекс различных методов, в том числе задействованы современные прогрессивные технологии, включающие:

комплексный анализ геологической, геохимической, геофизической, морфо-структурной и космоаэрогеологической информации;

принцип последовательной локализации перспективных площадей в ряду: рудный район → рудный узел → рудное поле → месторождение с использованием современных аналитических прецизионных инструментальных методов, критериальных геолого-геохимических моделей месторождений основных геолого-про-

Таблица 1
Последовательность стадийного проведения технологической оценки редкометалльных руд

Этап (стадия) геологоразведочных работ; категория ресурсов/запасов	Вид и назначение технологической оценки	Основа и глубина обогащения технологической схемы
Региональные; P_2	Априорная оценка (на основе базы данных). Предварительная оценка выявленных проявлений с минимальным объемом минералогическим исследований	
Региональные; P_1	Системное минералогическое изучение объекта. Прогнозная оценка для лицензирования поисково-оценочных работ	Моделирование схем и прогнозирование результатов по данным минералогического анализа. Использование элементов МТО (до черновых концентратов)
Поисковые; P_1 (C_2)	Малообъемное технологическое опробование (МТО). Выбор объектов для оценки месторождений	Традиционные для данного вида сырья. До черновых концентратов
Оценка месторождения; C_2 (C_1)	МТО, начало ГТК, лабораторные минералого-аналитические и технологические исследования. Оценка значимости объекта для лицензирования добычи полезного ископаемого	Корректировка — схемы по полученным результатам. До кондиционных концентратов с химико-металлургической переработкой некондиционных продуктов
Разведка месторождения; до А	Завершение ГТК, лабораторные и полупромышленные испытания с выполнением минералогических исследований по мере необходимости. Схема по типам полезного ископаемого	Схема комплексного (до бессточной и безотходной) переработки полезного ископаемого. Товарная продукция
Эксплуатационная разведка	Опережающее МТО: 1) оценка очистных выработок, 2) идентификация новых горизонтов и флангов	Схема фабрики (включая получение черновых концентратов). Уточнение действующей схемы

мышленных типов и компьютерных, в том числе ГИС-технологий для системной обработки имеющейся геохимической и геофизической информации;

интерпретационные оценочные работы с выделением участков локализации месторождений полезных ископаемых, подсчет прогнозных ресурсов кат. P_3 — P_2 и разработка рекомендаций по направлению последующих поисково-оценочных работ.

Специальными работами на опытных полигонах показана возможность выявления объектов всех металлогенических рангов и тем самым доказана высокая эффективность мелкомасштабного геохимического картирования (МГХК). Возможности МГХК для оценки минерально-сырьевого потенциала реализуются на прогнозно-геохимических картах.

На этом этапе геологоразведочных работ резко возрастает роль прикладных минералогических исследо-

ваний, так как определение минерального состава и текстурно-структурных признаков руд имеет первостепенное значение для их типизации и оценки технологических свойств.

Стадийное проведение минералого-технологической оценки в примерной последовательности применения априорных (математических на основе базы данных) методов, приемов и методов технологической минералогии и прямых технологических экспериментов позволяет при минимальных затратах получать достаточную для каждой стадии геологического изучения недр информацию (табл. 1). Кроме того, стадийность проведения минералого-технологических исследований позволяет увеличить рационально используемое время и ресурсы.

Учитывая специфику состава и строения руд редких металлов, следует отметить, что для получения необхо-

Таблица 2
Методы исследований руд технологических проб

Метод исследования	Назначение метода	Аппаратура	Нормативно-методическая документация
Оптическая микроскопия: оптико-минералогический, оптико-петрографический, минераграфический	Изучение текстурно-структурных особенностей и минерального состава руд и продуктов их обогащения	Оптический микроскоп OlympusBX51 (Япония); поляризационный микроскоп LeicaDMRX (Германия); стереоскопический микроскоп LeicaMZ12 _s (Германия)	МР НСОММИ № 111. Петрографический анализ магматических, метаморфических и осадочных горных пород. МР НСОММИ № 136. Петрографический метод изучения осадочных карбонатных пород. МР НСОММИ № 162. Оптико-минералогический анализ шлиховых и дробленных проб. МР НСОММИ № 184. Оптико-петрографический анализ осадочных пород (карбонатные, терригенные, галогенно-сульфатные и смешанные)
Рентгенографический	Изучение минерального состава, в том числе количественного, руд	Рентгеновский дифрактометр X'Pert PRO MPD	МР НСОММИ № 68. Экспрессный рентгенографический полуколичественный фазовый анализ глинистых минералов. МУ НСАМ № 21. Рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА) с использованием метода внутреннего стандарта
Аналитическая электронная микроскопия (растровая, просвечивающая с микродифракционным анализом)	Выявление особенностей микростроения тонкодисперсных минеральных систем, идентификации микрофаз, определения реального состава и строения минералов	Растровый электронный микроскоп Tesla-301B (Словения), оснащенный рентгеновским спектрометром с дисперсией по энергии; просвечивающий электронный микроскоп Теспаи 12В (Голландия)	МУ НСОММИ № 14. Получение реплик с мелких зерен минералов. МР НСОММИ № 86. Комплексное электронномикроскопическое исследование минеральных объектов в сочетании с компьютерной обработкой результатов микродифракционного анализа
Рентгеноспектральный микроанализ	Изучение элементного состава минералов	Микроанализатор Jeol JXA-8100, оснащенный тремя кристалл-дифракционными и энергодисперсионным спектрометрами	МУ НСАМ. Микронзондовый энергодисперсионный анализ минералов тантала, ниобия и редкоземельных элементов цериевой группы. МУ НСАМ. Рентгеноспектральный микронзондовый анализ минералов редкоземельных элементов
Люминесцентный метод	Диагностика редких и редкоземельных металлов в рудах и продуктах обогащения	Установка на базе микроскопа-спектрофотометра МСФУ Л-312 газового лазера на молекулярном азоте ЛГИ-505 с $\lambda_{\text{изл}} = 337,1$ нм и системы регистрации на основе персонального компьютера и блоков в стандарте САМАС; с фотодокументированием результатов при использовании в качестве источника излучения ртутно-кварцевой лампы и галогеновой лампы накаливания	МР НСОММИ № 156. Локальная лазерная люминесцентная спектроскопия минералов (на примере циркона). МР НСОММИ № 74. Интерпретация спектров отражения для решения минералогических задач. МР НСОММИ № 41. Диагностика группы редкоземельных минералов по зеленой окраске в свете ртутно-кварцевых люминескопов. МР НСОММИ № 4-Л. Люминесцентно-спектральная диагностика минералов уранила из микронавесок при низких температурах. МР НСОММИ № 3. Диагностика и анализ типоморфизма минералов по цвету фотолюминесценции с применением осветителя ОИ-18

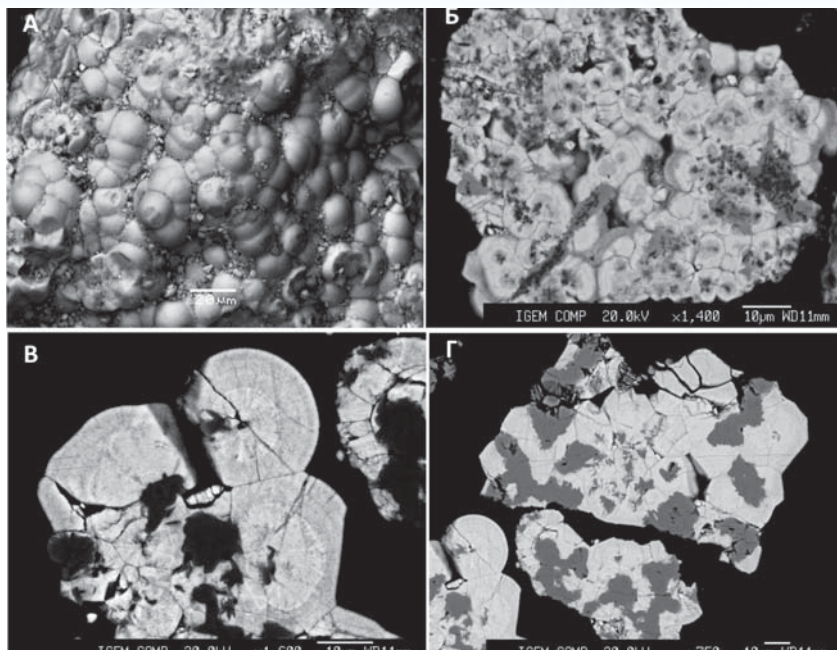


Рис. 1. Формы нахождения циркониевых фаз в породах Алгагинского рудопоявления: А — колломорфные выделения криптокристаллических агрегатов циркониевых фаз (СЭМ); Б — сингенетичное образование гидросиликатов, гидроксидов и карбонатов циркония в сростании с апатитом (мелкие черные кристаллиты), полированный шлиф; В — радиально-лучистое строение агрегатов циркониевых минералов, полированный шлиф; Г — сростки силиката и гидросиликата циркония (темные участки) с оксидами и гидроксидами циркония, полированный шлиф

димой минералогической информации недостаточно только традиционных методов оптической микроскопии и рентгенографии. Как показывает опыт, привлечение аналитической электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа для изучения этого вида сырья определяются объективными причинами. Для прогнозирования технологии переработки руды и ожидаемых показателей обогащения необходимы сведения об ее количественном минеральном составе, включая фазы, присутствующие в весьма незначительном количестве, или имеющие микро-нанометровый размер. Например, монацит, являющийся главным редкоземельным минералом в рудах Чукотского месторождения, надежно идентифицирован и изучен комплексом методов минералогического анализа, среди которых доминировали методы прецизионной минералогии. Применяемый методический комплекс приведен в табл. 2.

Аналогичная ситуация отмечается в рудах Томторского месторождения, в которых минеральные виды группы крадаллита установлены комплексом методов (рентгенографическим и микрорентгеноспектральным).

Особенности распределения диоксида циркония, представленного собственными минеральными фазами, присутствующими в основном в тонкодисперсном материале циркон-бадделейтовых руд Алгагинского рудопоявления, определили комплекс минералогических методов изучения (высокоразрешающая оптическая и аналитическая электронная микроскопия, рентгенографический и микрорентгеноспектральный

анализы), позволивший выявить особенности рудных агрегатов, определить их состав, установить гранулярный состав и морфометрические характеристики циркона и бадделейта (рис. 1) [2].

Сегодня вопросам прогнозной технологической оценки редкометалльных руд на ранних стадиях геологоразведочных работ уделяется значительное внимание [1–7]. Наиболее эффективной является технологическая оценка редкометалльного сырья методами прикладной минералогии.

Для повышения эффективности работ на ранних стадиях геологоразведочных работ (ГРП) разработаны критерии прогноза технологических свойств редкометалльно-титановых россыпей, определены пределы значений каждого из них.

Апробация разработанных критериев оценки технологических свойств редкометалльных руд прогнозно-поисковых площадей показала, что они могут успешно использоваться на ранних стадиях ГРП для обоснования целесообразности дальнейшего изучения новых объектов, определения основных на-

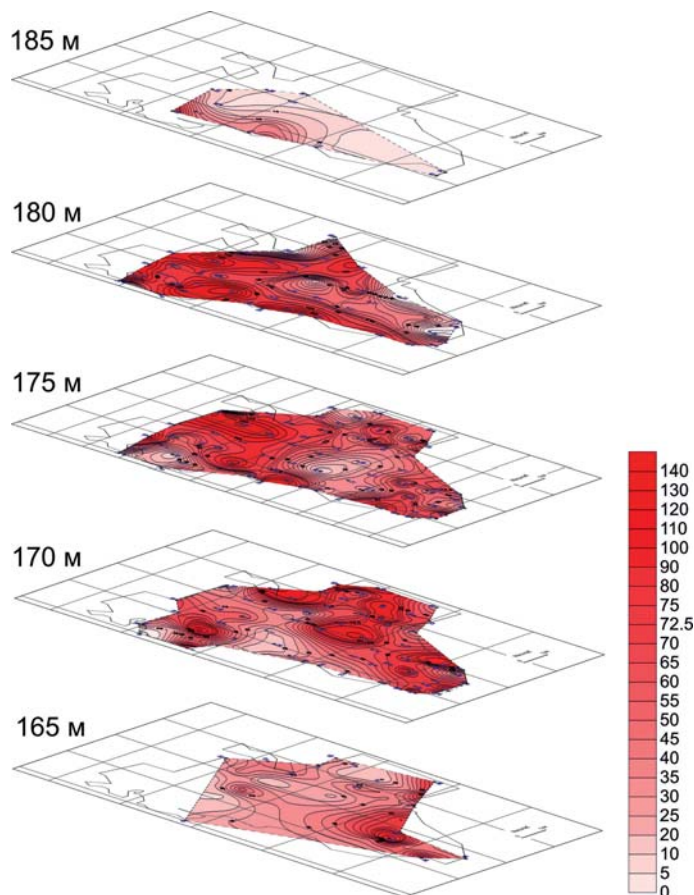


Рис. 2. Модель 3D содержания условного ильменита в рудных титан-циркониевых песках месторождения Центральное

правлений создания оптимальных технологий их обогащения (табл. 3).

На стадии поисково-оценочных работ (ПОР) возникает необходимость в проведении геолого-технологического картирования (ГТК) с целью выделения и геометризации в контурах месторождения природных разновидностей и промышленных (технологических) типов, сортов руд, установление закономерностей их пространственного размещения. Минералогическая информация является базовой при геолого-технологическом картировании месторождений, а иногда является основой аналитической базы для подсчета запасов сырьевого объекта.

При ГТК содержание извлекаемых рудных минералов может определяться двумя способами: количественным (реже, при соответствующем обосновании, полуколичественным) минералогическим анализом и прямым технологическим экспериментом. В первом

случае число рядовых геологических проб массой в несколько килограммов может достигать первых сотен. Полученные показатели статистической обработки данных по массе продуктов гравитационно-магнитного фракционирования исходных проб и максимально возможных выходов рудных концентратов позволяют построить карту содержания рудных минералов по площади изучаемого объекта и выполнить геометризацию в объеме месторождения (рис. 2).

Во втором случае отбираются минералого-технологические пробы (МТП) массой порядка первых десятков килограммов. Технологические испытания МТП проводятся по единой упрощенной схеме до получения коллективных концентратов. Такие исследования не требуют значительных затрат труда и времени и применяются при ГТК на сравнительно небольшом количестве проб — обычно первые десятки, однако позволяют построить карту содержания рудных минералов только

Таблица 3

Критерии оперативной оценки технологических свойств редкометалльно-титановых россыпей прогнозно-поисковых площадей Западно-Сибирской платформы

Фактор вещественного состава	Пределы значений	Эталонный объект	Оценивае- мый объект	Оцененные объекты (стадия ПОР)		
		Ордынское м-ние	Стеглянка уч-к	Умытинская площадь	Семенов- ский уч-к	Салехард- ская площадь
Химический состав рудных песков				Проба 1256	Проба Т-1	
Содержание TiO ₂ / ZrO ₂	Σ н/м 1,5	1,22 / 0,26	1,1 / 0,11	1,12 / 0,23	0,73 / 0,053	0,4 / 0,06
Содержание Cr ₂ O ₃ / P ₂ O ₅	н/б 0,1/0,8	0,031 / 0,05	0,021 / 0,08	0,04 / 0,01	0,041 / 0,043	0,039 / 0,01
Гранулярный состав рудных песков и РМ*						
Продуктивный класс песков (более 80% РМ)	> 0,044мм	0,1–0,044	0,25–0,02	0,14–0,02	0,06–0,02	0,28 / 0,02
Глинистость, %	3–5	17,48	20,38	3,48	30,42	6,17
Степень сортированности (количество классов крупности, концентрирующих более 80 % ПК)	3	3	3	3	3	4
Доля ПК в крупных непродуктивных классах, % TiO ₂ / ZrO ₂	1,5 / 0,5	1,27 / 0,3	0/0	3,94 / 0,71	2,57 / 0,25	1,79 / 0,98
Доля ПК в классе -0.044 мм, % TiO ₂ / ZrO ₂	5,0/5,0	9,81 / 48,56	38,33 / 54,44	7,23 / 10,94	43,11 / 58,92	15,13 / 5,1
Минеральный состав рудных песков						
Содержание «условного ильменита», кг/м ³	80	79,6		78,6	43,8	48,7
Доля ПК, распределенных в рудные минералы, % TiO ₂ / ZrO ₂	н/м 80/90	83,98/ 91,6	61,67 / 44,56	96,84 / 95,3	79 / 88	85,46 / 93,85
Доля сростков рудных минералов с породо-образующими, %		—	—	—	—	—
Доля хромшпинелидов, %	н/б 0,1	0,004	0,012	0,058	0,009	0,025
Доля фосфатов, %	н/б 0,2	0,18	0,001	1,013	0,441	0,011
Доля радиоактивных минералов, % монацит / циркон метамик.	н/б 0,1 / 0,1	— / 0,01	зн. / —	0,01 / зн	0,001 / зн	0,001 / зн
Особенности свойств минералов						
Содержание TiO ₂ в ильмените / рутиле, %	52/94	50,14 / 97,64		51,86 / 99,04	60,77 / 98,95	49,99 / 98,35
Содержание ZrO ₂ в цирконе, %	60	65,78		66,03	65,78	65,3
Степень измененности ильменита, %		5	5	8	5	5
Доля зерен РМ с микровключениями	н/б 20	—	—	—	—	—
Наличие пленок и наростов на поверхности зерен		—	—	—	—	—
Прогнозное извлечение в концентраты, % TiO ₂ / ZrO ₂	н/м 86	86,0 / 88,13	71,84 / 71,86	91,87 / 71,28	30,62 / —	89,01 / 84,77

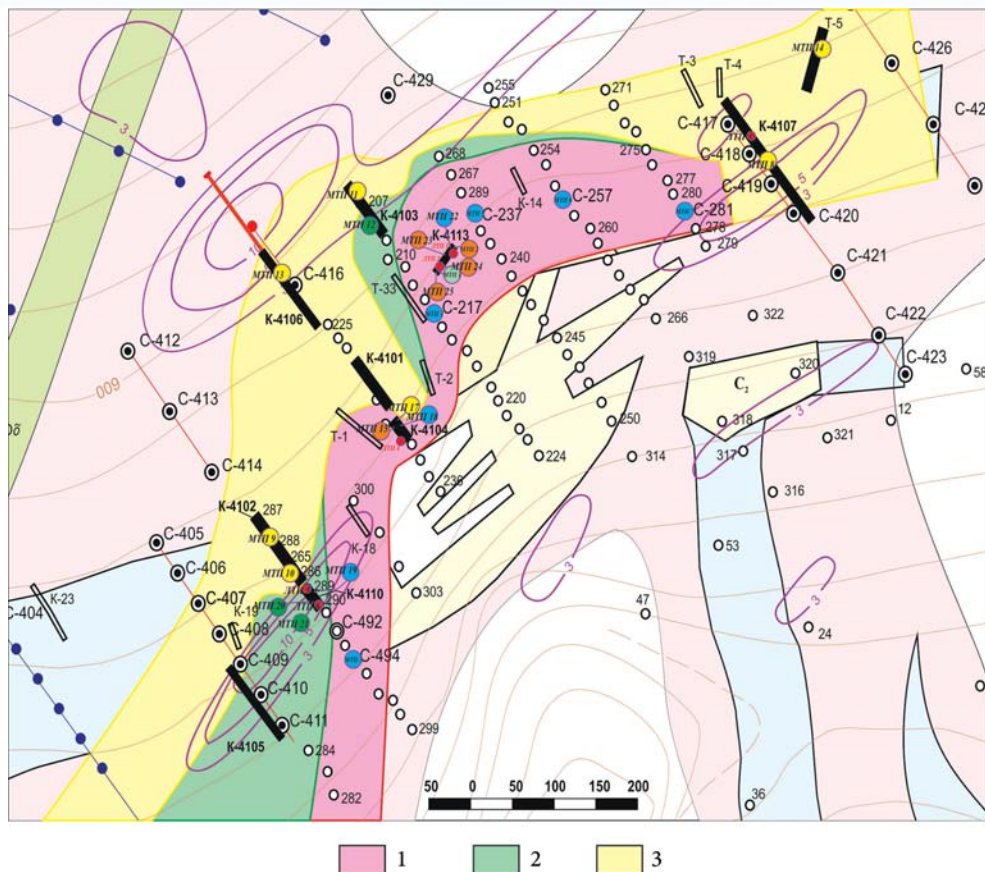


Рис. 3. Схема картирования циркон-бадделеитового рудопоявления Алгама по содержанию ZrO_2 . Руды: 1 — богатые и супербогатые, 2 — средние, 3 — бедные

по площади изучаемого объекта (рис. 3). В результате ГТК строятся карты и разрезы, отображающие пространственное распределение технологических типов руд. Появляется возможность без увеличения объема технологического опробования получить массовую количественную или промежуточную оценку технологических свойств руд в естественном залегании путем построения и исследования математических моделей, связывающих технологические свойства руд с их химическим и минеральным составом и геолого-структурными условиями локализации оруденения. В сочетании с традиционным испытанием представительных технологических проб ГТК составляет основу современной технологической оценки запасов твердых полезных ископаемых.

Практическая значимость ГТК заключается в разработке экспрессной методики определения качественных характеристик руды в естественном залегании по результатам оперативного опробования. По данным ГТК можно оперативно получать информацию о распределении промышленных сортов и минеральных типов руд в обрабатываемом пространстве добычного блока и проводить его селективную отработку применительно к действующей технологической схеме обогащения.

На стадии ПОР задачами технологических исследований являются: разработка технологических схем обогащения минерального сырья, апробация разработанной технологии в полупромышленном объеме,

разработка технологических регламентов для ТЭО освоения месторождений как объектов инвестирования. Как правило, результаты технологических исследований представляются как среднее значение результатов отдельных опытов без объективной оценки их воспроизводимости. Однако при любом технологическом исследовании выполняется большое количество операций, которые могут вносить случайные и систематические погрешности, статистическая оценка которых обычно не проводится. Это может приводить к тому, что результаты лабораторных опытов не только не подтверждаются в промышленных условиях, но и не воспроизводятся при дальнейших лабораторных исследованиях.

На лицензированных площадях апробируются разработанные технологические схемы на укрупненных лабораторных пробах с использованием новейших технологий и современного

высокоэффективного оборудования, осуществляется минералого-технологическое картирование конкретных месторождений полезных ископаемых с составлением сортового плана отработки, проводится технологический надзор при пуско-наладочных работах.

В едином процессе геологического изучения недр минералого-технологическая оценка минерального сырья является его неотъемлемой частью, обеспечивая выбор наиболее перспективных объектов для дальнейшего изучения на ранних стадиях и условия рационального промышленного использования оцененных месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстрова, А.А. Эволюция изменений пироксенов Томторского месторождения / Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии / А.А. Быстрова, Ю.М. Астахова, И.Г. Быстров (Юшкинские чтения — 2016) / Матер. минерал. семинара с международным участием. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2016. — С. 28–30.
2. Григорьева, А.В. Новый нетрадиционный тип циркониевого оруденения (рудопоявление Алгама) / А.В. Григорьева, Е.Н. Левченко, Л.О. Магазина / Матер. конф. «Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования» — 2015. — С. 186–187.
3. Левченко, Е.Н. Влияние вещественного состава на технологические свойства титан-циркониевых россыпей / Е.Н. Левченко // Разведка и охрана недр. — 2004. — № 11. — С. 42–47.
4. Левченко, Е.Н. Минералогия бадделеит-цирконовых руд Алгаминского месторождения / Е.Н. Левченко, Е.Г. Ожогина // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 3. — С. 43–47.

5. Лихникевич, Е.Г. Минералогические особенности редкоземельно-фосфатных руд, обуславливающие технологию их переработки / Е.Г. Лихникевич, Н.В. Петрова, В.И. Кузьмин, А.А. Рогожин / Матер. Междунар. совещания «Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья. (Плаксинские чтения-2014). — Алма-Аты, 2014. — С. 160–163.

6. Ожогина, Е.Г. Технологическая минералогия руд редких металлов / Е.Г. Ожогина, А.А. Рогожин, О.Б. Котова // ХАБАРШЫСЫ. Вестник Казахской Национальной Академии естественных наук. — 2014. — № 3 — С. 33–35.

7. Ожогина, Е.Г. Специфика методики изучения тонкодисперсных комплексных руд редких и редкоземельных металлов / Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии / Е.Г. Ожогина, О.А. Якушина (Юшкинские чтения-2016) / Матер. минерал. семинара с международным участием. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. — С. 121–122.

© Левченко Е.Н., Ожогина Е.Г., 2016

Левченко Елена Николаевна // levchenko@imgre.ru
Ожогина Елена Германовна // vims-ozhogina@mail.ru

УДК 553.493:553.262

Лапин А.В., Куликова И.М., Левченко Е.Н. (ФГУП «ИМГРЭ»)

О ПЕРСПЕКТИВНОМ ТИПЕ АПАТИТ-ПИРОХЛОРОВЫХ РУД В ПОРОДАХ ЭКЗОКОНТАКТОВОГО ОРЕОЛА КАРБОНАТИТОВ

*В месторождении Чуктукон, наряду с преобладающим распространением редкометалльных кор выветривания карбонатитов, установлено развитие нового для месторождения перспективного типа P-Nb руд, которые связаны с породами экзоконтактового ореола карбонатитов и представлены различными фациальными разновидностями околокарбонатитовых метасоматитов. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности и широком распространении апатит-пироксеновых руд экзоконтактового ореола карбонатитов. **Ключевые слова:** апатит-пироксеновые руды, околокарбонатитовые метасоматиты, коры выветривания.*

Lapin A.V., Kulikova I.M., Levchenko E.N. (IMGRE)

ABOUT THE PROSPECTS OF APATITE-PYROCHLORE TYPE ORE IN THE ROCKS EXOCONTACT HALO OF CARBONATITES

*As established, the Chuktukon weathering profile where the carbonatite-derived material prevails, contains a new promising P-Nb ore type developed after various facies of the exocontact metasomatic rocks. The data obtained witness that apatite-pyroxhlore ores localized in the exocontact halo of carbonatites are prospective and widespread. **Keywords:** apatite-pyroxhlore ore, exocontact metasomatite, weathering profile.*

Одним из наиболее существенных достижений редкометалльной отрасли за последнее десятилетие была оценка и постановка на госбаланс Большетагинского месторождения пироксеновых руд в микроклиновых метасоматитах экзоконтактового ореола карбонатитов [1, 7, 8]. Это позволило в рамках известной рудной формации не только значительно расширить перспективные рудоносные площади, но и выделить новый тип редко-

металльного оруденения, отличный от привычных типов, ориентированных на рудоносность самих карбонатитов и их кор выветривания. Естественно, что Большетагинское месторождение поставило вопрос о распространенности этого типа оруденения и о его возможных аналогах. Анализ с этих позиций имеющихся данных по редкометалльной рудоносности карбонатитовых комплексов дает основания в числе первых аналогов назвать некоторые участки Чуктуконского месторождения на Чадобецком поднятии, которые свидетельствуют о перспективности и широком распространении нового типа редкометалльных руд.

Чуктуконское месторождение редкометалльных кор выветривания карбонатитов расположено на юго-западной окраине Сибирской платформы. Оно входит в состав Чадобецкого ультраосновного щелочного комплекса, с которым связано становление одноименной куполообразной структуры [3]. Чадобецкий купол фик-

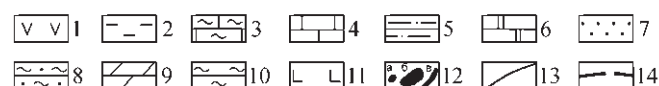
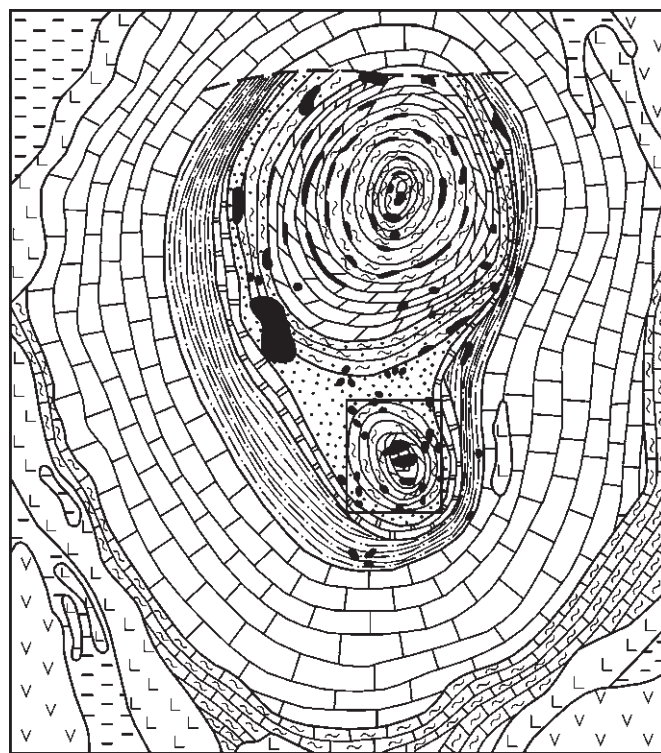


Рис. 1. Схема геологического строения Чадобецкого поднятия со снятыми верхнепалеогеновыми и альб-эоценовыми отложениями (по материалам Ю.А. Забинова, А.Д. Слукина, А.В. Лапина): 1 — нижнетриасовые образования; 2 — средне-верхнекаменноугольные отложения; 3 — средне-верхнекембрийские отложения; 4 — нижнекембрийские карбонатные породы; верхнепротерозойские отложения, свиты: 5 — тогонская, 6 — безымянная, 7 — медведковская, 8 — брусская, 9 — карбонатно-терригенные породы териновской, чуктуконской и долчиковской свит, 10 — семеновская; 11 — траппы; 12 — щелочные ультраосновные породы и карбонатиты чадобецкого комплекса: а — трубка взрыва, б — штокообразные тела, в — силы; 13 — геологические границы; 14 — тектонические нарушения. На врезке — территория Чуктуконского месторождения