

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии PhD  
по специальности: 6D070600 – «Геология и разведка месторождений  
полезных ископаемых»

**Фроловой Ольги Вячеславовны**

### **Изучение геологического строения и вещественного состава руд редкоземельного месторождения Верхнее Эспе для построения прогнозно-поисковой модели (Восточный Казахстан)**

Диссертационная работа посвящена изучению геологического строения и вещественного состава пород и руд месторождения Верхнее Эспе с целью разработки критериев прогнозирования и поиска месторождений редких земель для повышения эффективности геолого-разведочных работ.

**Актуальность исследований.** Редкие земли являются важными стратегическими материалами для различных отраслей промышленности. Согласно прогнозам австралийской консалтинговой компании Industrial Minerals Company of Australia (IMCOA), цены на многие редкоземельные элементы и оксиды в течение ближайших 20 лет могут подняться в два, а то и три раза. Причем, по мнению аналитиков, – это долгосрочный тренд. В рамках Программы индустриально-инновационного развития на 2015-2019 годы решено принять планы развития высокотехнологичных отраслей горнодобывающего сектора: наращивание разработки редких и редкоземельных металлов. Всё это свидетельствует о том, что огромный редкометалльный и редкоземельный потенциал Казахстана требует доизучения на современном научном уровне. Это определяет актуальность данной работы.

**Цель исследований.** Целью работы является разработка улучшенной прогнозно-поисковой модели редкометалльно-редкоземельного оруденения, на примере месторождения Верхнее Эспе, а также оценка перспектив Восточного Казахстана на обнаружение месторождений редких земель на основании предыдущих исследований и полученных новых геологических, геохимических, минералогических, петрографических и геохронологических данных.

#### **Задачи исследования:**

- 1 Изучение геологического строения и вещественного состава пород и руд месторождения Верхнее Эспе с применением современных методов оптической и электронной микроскопии.
2. Получение новых данных по геохронологическим U-Pb SHRIMP датировкам.
3. Выявление особенностей формирования и размещения месторождений редких металлов и редких земель.
4. Разработка критериев прогнозирования и поиска месторождений РЗ для повышения эффективности геолого-разведочных работ.

**Объектом исследования** диссертационной работы является редкоземельное месторождение Верхнее Эспе (Жарма-Саурская зона, Восточный Казахстан).

**Первое защищаемое положение.**

Месторождение редких земель Верхнее Эспе представлено эпимагматической альбитит-грейзеновой ниобий цирконий-редкоземельной формацией, генетически связано с щелочными и субщелочными гранитами керегетас-эспинского комплекса, характеризующимися сложным соотношением распределения редкометалльных и редкоземельных элементов; возраст гранитов по данным SHRIMP определений составил  $291,6 \pm 2,4$  млн. лет.

**Второе защищаемое положение.**

Основные рудные тела имеют штокверковую морфологию, Zr, Nb, Ta, TR минерализацию, сформировались в процессе интенсивных метасоматических изменений средне-зернистых рибекитовых гранитов (альбитизация, рибекитизация, окварцевание и др.), пространственно приурочены к эндо- и экзоконтактовым зонам гранитоидного массива, который локализуется в карбонатных терригенных отложениях и контролируется зонами глубинных разломов.

**Третье защищаемое положение.**

В результате выполненных исследований разработаны геолого-структурные, петрографические, минералого-геохимические и геохронологические критерии прогноза и поиска ведущего геолого-промышленного верхне-эспинского типа редкоземельных месторождений с выделением перспективных участков для постановки дальнейших поисково-оценочных работ.

**Научная новизна работы.** Впервые применены ранее недоступные современные высокоточные методы для изучения геохимии рассеянных элементов (ICP-MS/-AES) и характеристики магматических и метасоматических процессов. Проведено пробное U-Pb SHRIMP-датирование возраста цирконов. Была произведена переоценка геологических характеристик месторождения, опираясь на существующие материалы, собственные новые данные, а также зарубежные исследования щелочных комплексов для усовершенствования поисково-разведочной модели. Составлены ГИС регионального и локального масштабов.

**Практическая значимость работы.** Улучшенная модель месторождения позволила сформулировать ряд критериев для дальнейших поисков и обнаружения подобных месторождений на глубине и на флангах объекта в Восточном Казахстане, а также в других регионах.

**Основные результаты исследования.** Были проведены аналитические исследования пород и руд редкоземельного месторождения Верхнее Эспе с применением современных методов оптической и электронной микроскопии. Для определения минералого-петрологических и геохимических характеристик были использованы масс-спектрометр с индуктивно связанной

плазмой ICP-MS Agilent 7500cx, определяющий 70 элементов с высокой чувствительностью (до 1 ppb) и растровый электронный микроскоп.

Проведена уран-свинцовая датировка по циркону локальным методом SIMS (вторично-ионная масс-спектрометрия) на инструменте SHRIMP-II (чувствительный высоко-разрешающий ионный микрозонд второго поколения) в ФГУП «ВСЕГЕИ» (г. Санкт-Петербург, Россия).

Был уточнен химический состав минералов в секторе минералогии Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (аналитики к.г.-м.н. В.Л. Левин и П.Е. Котельников) с помощью электроннозондового микроанализатора JXA 733 с применением энергодисперсионного спектрометра INCA ENERGY при ускоряющем напряжении 25 кВ, токе зонда 25 нА и сфокусированном (диаметр 1-2 мкм) или расфокусированном (10 мкм) зонде. В качестве образцов сравнения использованы: CaF<sub>2</sub> (F); альбит (Na); адуляр (K); CaSiO<sub>3</sub> (Ca); MgO (Mg); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Al); SiO<sub>2</sub> (Si); TiO<sub>2</sub> (Ti); Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>•MnO (Fe, Mn), металлический Zn (Zn); BaSO<sub>4</sub> (Ba), x(PO<sub>4</sub>) (x - PЗЭ).

Все полученные данные были обобщены в единую геоинформационную систему (ГИС).

В результате выполненных исследований был разработан ряд основных поисковых критериев редкометалльного оруденения Восточного Казахстана, которые могут быть использованы в качестве основы для прогноза и поиска новых редкометалльно-редкоземельных объектов.

**Фактический материал и личный вклад автора.** В основу диссертации положен фактический материал, собранный автором или с его участием в период учёбы в докторантуре ВКГТУ им.Д. Серикбаева, при выполнении госбюджетной научно-исследовательской работы (от полевых работ до написания отчёта) по бюджетной программе 055 «Научная и/или научно-техническая деятельность» по заказу комитета науки МОиН РК в теме №51-313-15 «Системный металлогенический анализ щелочного магматизма и редкометалльного оруденения северных отрогов Тарбагатай (месторождения Верхнее Эспе, Ийсор, Сандыктас, Кызылсай, Северное, северная часть Акжайлыутасского массива и ближайшие редкометалльные проявления)» (руководитель Гавриленко О.Д.). А также были использованы обширные литературные и фондовые материалы таких учёных как Степанов А.В., Белова В.А., Северова Э.А., Минеева Д.А., Калаченко А.А., Нарсеева В.А., Бугаец А.Н., Ермолова П.В., Щербы Г.Н. и многих других, в том числе и зарубежных авторов, которые приведены в списке использованных источников.

Автором в 2013 и в 2014 году были пройдены зарубежные научные стажировки (Университет г.Уппсала, Швеция, Музей Естественной Истории г. Лондон, Великобритания), имеющие большое значение в выполнении научных и аналитических исследований.

Автором лично:

- систематизированы и проанализированы монографические, литературные и справочные данные по особенностям формирования месторождений редких металлов и редких земель;

- было принято участие в полевых работах с отбором образцов для дальнейших аналитических исследований на месторождение Верхнее Эспе, а также на других редкометальных объектах в пределах Верхнеэспинского рудного узла;

- проинтерпретированы результаты аналитических исследований и составлены ГИС регионального и локального масштабов;

- на основе полученных данных установлены прогнозно-поисковые критерии для повышения эффективности геолого-разведочных работ.

**Апробация работы.** Результаты исследований по диссертационной работе докладывались на Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение» (Алматы, 2014 г.), Международных Сатпаевских чтениях «Научное наследие Шахмардана Есенова» (Алматы, 2017 г.), IX Международной конференции "Эффективное использование ресурсов и охрана окружающей среды - ключевые вопросы развития горно-металлургического комплекса" и XII Международной научной конференции "Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материала-ловедения и наноматериалов" (Усть-Каменогорск, 2015 г.), Международной научно-практической конференции «Зелёная экономика – будущее человечества» (Усть-Каменогорск, 2014 г.), 37th Annual Meeting Mineral Deposit Studies Group (Oxford, 2014г.), II Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых учёных «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана» (Усть-Каменогорск, 2013 г.), 17th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017 (Болгария, 2017 г.), SEG 2017 Annual Meeting Ore deposit of Asia: China and Beyond (Китай, 2017 г.).

Результаты работы внедрены в учебный процесс для проведения лекционных и практических занятий по дисциплине «Геоинформационные технологии в геологии», в практику работы АО «Национальная геологоразведочная компания «КАЗГЕОЛОГИЯ», TOO TELLUR GOLD.

По результатам диссертационной работы была подана заявка на патент «Способ поиска редкометально-редкоземельного оруденения» и получено уведомление о положительном результате формальной экспертизы. На данный момент проходит экспертиза по существу.

По теме диссертации опубликована в соавторстве монография «Системный металлогенический анализ щелочного магматизма и редкометального оруденения северных отрогов Тарбагатая»

Результаты диссертационной работы включены в Отчет о научно-исследовательской работе по госбюджетной теме №51-313-15 «Системный металлогенический анализ щелочного магматизма и редкометального оруденения северных отрогов Тарбагатая (месторождения Верхнее Эспе,

Ийсор, Сандыктас, Кызылсай, Северное, северная часть Акжайлыутасского массива и ближайшие редкометальные проявления)» (руководитель Гавриленко О.Д.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликована 21 работа, из них 5 статей в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК (Вестник ВКГТУ, Вестник КазНТУ, Горный журнал Казахстана); 2 статьи в журнале, входящем в базу Scopus; 10 статей в материалах международных научных конференций дальнего и ближнего зарубежья; 1 монография в соавторстве; 3 статьи в материалах Республиканской научно-технической конференции.