

АННОТАЦИЯ

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

Копобаевой Айман Ныгметовны

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (Be, W, Mo) В ГОРНЫХ ПОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Представленная диссертационная работа посвящена геохимии редких элементов и их закономерностям распределения в горных породах Центрального Казахстана, а также разработке методики прогнозирования редкометалльных месторождений.

Актуальность диссертационной работы

Одной из главных задач геологических исследований является расширение минерально-сырьевой базы страны, включая редкометалльные месторождения (Be, W, Mo и др.). Восстановление конкурентоспособности редкометалльных месторождений является важнейшей стратегической задачей, в этой связи началось освоение месторождения Сырымбет, проводится ревизия и переоценка ряда других месторождений. В этих новых условиях возрождается научный интерес к геохимии и металлогении редких элементов. Достоверные данные о распределении редких элементов Be, W, Mo в горных породах Центрального Казахстана дадут возможность, в первую очередь, детально изучить закономерности распределения редкометалльных месторождений, которых в регионе насчитывается около сотни, в том числе и уникальных по запасам.

Первый Президент Республики Казахстан Н.А. Назарбаев в своем послании народу Казахстана (от 31 января 2017 года) ставит перед геологией новые большие задачи в области методов прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых. Министерство экологии, геологии и природных ресурсов РК подготовило и опубликовало концепцию Государственной программы геологической разведки на 2021–2025 годы, целью которой является формирование условий для устойчивого восполнения, развития и поддержки конкурентоспособности минерально-сырьевой базы. Основные задачи Госпрограммы являются:

- обеспечение геологической изученности территории Казахстана;
- восполнение минерально-сырьевой базы (прирост запасов полезных ископаемых);
- научное-исследовательское обеспечение геологического изучения недр;
- автоматизация и цифровизация геологической отрасли.

Одним из путей повышения эффективности поисково-разведочных работ является разработка геохимических критериев и поисковых признаков. В этом аспекте территория Центрального Казахстана является крупным

объектом для изучения и проведения различных работ, направленных на поиски новых месторождений. С использованием достоверного прогноза распределения редких элементов Be, W, Mo в горных породах Центрального Казахстана позволяет детально изучить геологические закономерности и найти новые промышленно-значимые месторождения, что является предметом исследований диссертационной работы.

Целью исследований является изучение геохимии Be, Mo, W для разработки методики прогнозирования редкометалльных месторождений с использованием наиболее массовых поисковых признаков – литохимических аномалий.

Идейно-методическая новизна, научная значимость

Существующий ныне метод выявления рудной природы литохимических ореолов это их прямая горно-геологическая оценка. Он и сейчас остается самым надежным, но является дорогостоящим и длительным, при том, что тысячи литохимических аномалий все ещё ждут своей оценки. Разработанная методика прогнозирования редкометалльных месторождений позволяет, при сравнительно небольших затратах и в короткий срок вовлечь все известные первичные и вторичные геохимические ореолы в проверку с использованием разработанных геохимических карт – карты в абсолютных содержаниях и геохимической карты нового типа – карта в изолиниях кларк-концентраций.

Задачи исследования:

- установить закономерности распределения кларков Be, Mo и W в геологических формациях с целью выявления среди них геохимически специализированных, потенциально рудоносных;
- изучить влияния различных геологических факторов и установить особенности распределения Be, Mo и W в породах Центрального Казахстана;
- разработать методику построения геохимических карт нового типа – изолиний кларк-концентраций;
- разработать методику оценки потенциально рудной и безрудной природы литохимических аномалий и на её основе выявить наиболее перспективные площади.

Начная новизна:

1. Установлены закономерности распределения Be, Mo, W в зависимости от состава горных пород Центрального Казахстана, характеризующиеся корреляционными связями с петрогенными компонентами, что дало возможность выявить геохимически специализированные, потенциально рудоносные породы.

2. Методика построения геохимических карт нового типа – карт изолиний кларк-концентраций элементов в коренных породах, которая позволяет углубить исследования в области геохимии геологических процессов пороодо- и рудообразования, геохимическом районировании территории и определении геохимической специализации подавляющего большинства геологических тел региона.

3. Методика разделения литохимических аномалий на потенциально

рудные и безрудные, позволяющая рекомендовать рудные аномалии для правопроведения геолого-разведочных работ на предмет обнаружения рудопроявлений промышленного типа.

Практическая значимость. Методика разбраковки литохимических аномалий на потенциально рудные и безрудные будет использована для проведения прогнозно-поисковых работ на редкометалльные месторождения Центрального Казахстана. Впервые обоснована целесообразность использования региональных кларков для отдельных элементов, в частности для Be, расхождения которого в региональных и мировых кларках составляет в среднем 2-3 г/т, кларки Mo и W Центрального Казахстана превышают значения мировых кларков, что дает возможность более детально разделить и выделить литохимические аномалии на эти элементы.

Конечным результатом исследований являются установленные закономерности распределения элементов (Be, Mo, W) в горных породах Центрального Казахстана и их оценки статистик; результаты апробированной методики прогнозирования редкометалльных месторождений, которые приведены на листе М-43-А, охватывающие часть территории Центрального Казахстана.

В качестве базы основных поисковых признаков в работе использованы непроверенные литохимические ореолы – зоны преимущественно повышенных содержаний металлов в почвах. Таких ореолов в регионе – тысячи, но далеко не все они имеют рудную природу. Главным инструментом разбраковки литохимических аномалий на перспективные в отношении обнаружения оруденения и безрудные являются геохимические карты коренных пород и, в первую очередь, разработанная геохимическая карта нового типа – карта в изолиниях кларк-концентраций, которая впервые создана в Центральном Казахстане по результатам исследований. В конечном итоге в мировой геохимической практике впервые была создана система региональных породных кларков крупного региона, базирующаяся на результатах исследований 15 000 составных проб, приготовленных из 400 000 первичных проб для 168 видов коренных пород (Глухан И.В. и Серых В.И., 2003).

По листу М-43-А выделено 5 прогнозных площадей перспективных в отношении возможного обнаружения редкометалльных месторождений. К перспективным отнесены площади, в пределах которых присутствуют хотя бы один положительный прогнозный признак: геохимическое поле (геохимические признаки) как почв, так и коренных пород, геолого-структурные особенности благоприятствуют проявлению оруденения. На данном листе сделан прогноз только на редкие элементы (Be, Mo, W), которые являются предметом исследований данной диссертационной работы, поэтому изучение на наличие аномалий других металлов не проводилось. Рекомендуется продолжить исследования по изучению аномалий других элементов для их прогноза.

В процессе обобщения обширного фактического материала и его тщательного анализа получено множество выводов различного уровня и

значимости. В настоящее заключение вынесены наиболее важные **выводы**:

Молибден. Подавляющее большинство конкретных типов пород Центрального Казахстана характеризуются повышенными содержаниями этого элемента по сравнению с кларками земной коры. Из этого следует, что *Центральный Казахстан является молибденовой провинцией.* Исходя из этого, становится логичным и понятным постоянное присутствие Мо в большинстве промышленных рудных месторождений региона: медно-порфировых – Бозщаколь, Нурказган, Конырат, колчеданных с полиметаллами – Майкаин, Космурын (юго-восточная ветвь девонского пояса в ордовике); редкометалльных: существенно вольфрамовых – Верхнее Кайракты, Байназар, Южный Жаур, Акчатау; комплексных – Коктенколь, Караоба; собственно молибденовых – Восточный Конырат, Шалгия, Каратас-4; существенно бериллиевых – Нураталды, Северный Конырат; палеозойские урановые месторождения Кокчетавшины; медитыстые песчаники – Жезказган, Кийма, Алтынтобе; месторождения Саяжской группы (Саяж-1 и др.).

В магматических породах Центрального Казахстана Мо распределен более или менее равномерно, что согласуется с его любой корреляционной связью ($R=0.2$) с SiO_2 , значения содержаний которого варьируют значительно – от 44 % до 78 %, а также от типа щелочности породы (калиевости или натровости), определяемой отношением $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ при $R=0.1$, $S=\pm 0.18$ г/т. Между тем, установлены другие более сильные корреляционные связи Мо: а) в ультраосновных и основных породах – с TiO_2 (в соответствии с уравнением $y=0.0229x+1.3115$, при $R=0.42$, $t_{\text{набл}}>t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,01$ и $S=\pm 0.13$ г/т); б) от уровня щелочности среды, определяемой суммой $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ при $R=0.53$, $t_{\text{набл}}>t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,001$); в) от агпаитности (преобладание щелочей (K+Na) над алюминием) пород, определяемой отношением $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ при $R=0.43$, $t_{\text{набл}}>t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,001$, $S=\pm 0.25$ г/т.

В осадочных породах Мо распределен также достаточно равномерно, о чем свидетельствует его низкий коэффициент корреляции с SiO_2 – $R=0.23$. С ростом суммы содержаний $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MnO}$ в аргиллитовых породах, содержания Мо возрастает за счет его адсорбционных свойств, данная зависимость описывается уравнением $y=0.0572x+0.527$, $R=0.41$, $t_{\text{набл}}>t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,05$, $S=\pm 0.2$ г/т. С повышением типа щелочности породы (отношение $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$) содержания Мо повышается, о чем свидетельствует коэффициент корреляции $R=0.48$, $t_{\text{набл}}>t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,001$.

Наиболее высокие содержания Мо отмечены в метаморфических породах, в которых он связан корреляционной зависимостью с SiO_2 при $R=0.61$ в уравнении $y=0.0162x+0.7472$. Вместе с этим, в метаморфических породах наблюдается корреляционная связь по агпаитности, определяемая отношением $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ с $R=0.66$. Также в метаосадочных породах присутствует слабая корреляционная связь с $\sum\text{FeO}$ (в соответствии со статистиками, при $R=0.42$ $t_{\text{набл}}>t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,30$ и $S=\pm 0.13$ г/т). По уровню и типу щелочности прослеживаются очень слабые корреляционные связи с $R=0.21$ и 0.13 соответственно, которые также не подтверждаются при

статистической оценке при проверке гипотезы отличия от нуля коэффициента корреляции.

Бериллий. Установлено, что средние содержания литофильного элемента бериллия возрастает от ультраосновных (0.4 г/т) к ультракислым (5.2 г/т), в которых вместе с этим растет содержания SiO_2 . Эта закономерность описывается уравнением $y=0.04x-0.99$ при $R=0.77$, для всех $t_{\text{набл}} > t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,001$, $S=\pm 0.3$ г/т, в котором отражается изменения концентрации Ве содержащих минералов этих пород ранжированных по SiO_2 , следует отметить, что существует отсутствие изоморфной связи Ве и SiO_2 в минералах этих пород.

Наиболее существенна связь Ве и F, описываемая уравнением $y=0.0048x-0.5725$, обусловленная ковалентной связью этих двух элементов при дифференциации магматического расплава, происходящего при высоких температурах. Эта связь известна в виде нескольких модификаций по структуре похожих на модификации двуокисикремния.

В щелочных породах установленная связь Ве с Al, описывается уравнением $y=0.112x^{1.36}$, с коэффициентом корреляции $R=0.92$ что объясняется их изоморфной связью.

Среди осадочных пород выделены две основные группы пород, различающихся по содержанию Ве – хемогенные осадки и терригенные. В первой группе содержания Ве пониженные, поскольку в них отсутствуют минералы-концентраторы и минералы-носители Ве, а терригенные осадки являются результатом механического разрушения, в основном, магматических пород, и в них в той или иной мере повторяются все закономерности, характерные для магматических пород. Эта закономерность описывается уравнением $y=0.0167x+0.0101$, где x – это SiO_2 , y – содержания Ве.

Установлено, что все калиевые разновидности пород богаче бериллием по сравнению с натровыми и калинатровыми разновидностями пород с аналогичным содержанием SiO_2 . Это подтверждается корреляционными зависимостями с $R=0.73$ – для магматических пород, $R=0.69$ – для осадочных и $R=0.92$ – для метаморфических пород для всех $t_{\text{набл}} > t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,001$.

В метаморфических породах закономерности распределения Ве такие же, что в исходных породах, поскольку, что свидетельствует о том, что региональный метаморфизм реализуется в них в изохимических условиях.

Вольфрам. Установлен ряд закономерностей распределения W из них главные:

1) среднее содержание вольфрама в магматических породах возрастает от ультраосновных пород (0.1-0.8 г/т) к основным и средним породам (1.0 г/т) и далее – к кислым (1.5 – 2.0 г/т) и ультракислым (2.2 г/т), в которых кларк вольфрама наиболее высок. Данная закономерность описывается уравнением $y=0.34x+0.24$ с коэффициентом корреляции $R=0.90$, $t_{\text{набл}} > t_{\text{табл}}$, при $\alpha=0,001$.

2) вольфрам накапливается в кислых и ультракислых (лейкогранитовых аляскитах, лейкогранитах) магматических породах.

Аномально высокие содержания вольфрама в этих породах свидетельствуют о воздействии на них постмагматических процессов: мусковитизации, грейзенизации;

3) среди осадочных пород наиболее низкое среднее содержание вольфрама характерно для карбонатных пород (1.2 г/т), в которых нет минералов-носителей вольфрама, а в глинистых породах оно в 2 раза выше – 2.6 г/т, что свидетельствует о наличии минералов-носителей элемента в этих породах, которое обусловлено продуктами разрушения кислых и ультракислых магматических пород.

Личный вклад автора. Состоял в сборе, обработке, систематизации, обобщении и интерпретации фактического материала; в проведении полевых работ с отбором образцов для дальнейших аналитических исследований; в обосновании актуальности научно-исследовательской работы; в изучении геохимии редких элементов; в установлении закономерностей распределения элементов в горных породах; разработке методики прогнозирования редкометалльных месторождений на основе совместного анализа литохимических аномалий, геохимических карт в изолиниях и кларк-концентраций, а также составление прогнозной карты на листе М-43-А.

Защищаемые научные положения

1. Центральный Казахстан является существенно молибденовой провинцией. Повышенными содержаниями Мо по сравнению с кларком земной коры характеризуются подавляющее большинство типов горных пород Центрального Казахстана.

2. Закономерности распределения Ве, Мо и W в горных породах Центрального Казахстана, позволившие выделить геохимически специализированные, потенциально рудоносные породы: кварцевые сиениты субщелочные калиевые, щелочные кварцевые сиениты К-Na, субграниты, лейкограниты, щелочно-полевошпатовые лейкограниты, аляскиты лейкогранитовые, щелочные аляскиты.

3. Методика разбраковки литохимических аномалий на потенциально-рудные и безрудные на основе геохимических критериев и геохимических карт в изолиниях содержаний и кларк-концентраций.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались: на III международной конференции «Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра» (Санкт-Петербург, 2017); на XXII Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных (Томск, 2018, 2019); на XXXV Международной конференции «Магматизм Земли и связанные с ним месторождения стратегических металлов» (Москва, 2018); на Международной научной конференции «Актуальные научные исследования в современном мире» (Переяслав-Хмельницкий, 2018); на Международных научно-практических конференциях «Сагиновские чтения» (Караганда 2017, 2018); на республиканской студенческой научной конференции «Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии «Казахстан-2050» (Караганда 2019); на Международный научно-практической конференции «Бекжановские чтения» (Алматы 2019).

В период с 7 апреля по 21 апреля 2018 года была пройдена научная стажировка в CERCAMS, Музей Истории Естествознания Отдел Науки о Земле в г. Лондон, Великобритания, под руководством старшего научного сотрудника, доктора PhD Долгополовой А.В. За время прохождения научной стажировки участвовала в научном семинаре ведущих ученых Музея Истории Естествознания. Получен сертификат об успешном прохождении научной стажировки.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 16 научных трудах, 4 из которых, в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 9 – в трудах казахстанских и зарубежных международных конференций и 3 статьи, входящие в базу Scopus и Clarivate Analytics. Результаты исследования внедрены в практику геологоразведочных организаций МД «Центрказнедра» и ТОО «GeoТес».

Вместе с этим результаты работы внедрены в учебный процесс для проведения лекционных и практических занятий по дисциплине «Комплексирование современных методов прогнозирования и поисков месторождений» на кафедре «Геология и горное дело», ВКГТУ им. Серикбаева.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 164 страницах компьютерного набора и состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованных источников, включающего 286 наименований. Диссертация иллюстрирована 62 рисунками и 19 таблицами.

Благодарности. Данная работа была выполнена благодаря рекомендациям научных консультантов: д.г.-м.н. Серых Вячеслава Ивановича и д.т.н., заведующего кафедрой «Геология и разведка МПИ» Портнова Василия Сергеевича, которым диссертант выражает глубокую признательность за продуктивные консультации и рекомендации по выполнению диссертационной работы, а также автор выражает благодарность зарубежному консультанту – доктору PhD, старшему научному сотруднику научного центра CERCAMS, Музея Естественной истории Долгополовой Алле Владимировне за ее консультации и ценные советы во время работы над диссертацией и прохождения стажировки. Кроме того, автор благодарит профессора, доктора PhD, директора CERCAMS Раймара Зелтмана в организации и прохождении научной стажировки, за консультации, идеи и рекомендации при проведении исследовательских работ.