ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ГОР КУЛЬДЖУКТАУ

Хафизов Уктам Акрамович

ГУ «Институт минеральных ресурсов», ведущий специалист

E-mail: u.khafizov@mail.ru

Annotatsiya: Maqolada Markaziy Qizilqum hududida joylashgan Kuljuqtov tog‘larining quyi bo‘r yotqiziqlarida kamyob yer elementlarining ma’danlashuvini shakllantiruvchi geokimyoviy xususiyatlar va ma’dan nazorat qiluvchi omillar tahlil qilingan. Kamyob yer elementlarining asosiy konsentratorlari sifatida nurash qobig‘ining kaolinli gillari, qo‘ng‘ir temirli qumtoshlar va grafitli qatlamlar aniqlangan. Kamyob yer elementlari ma’danlashuvini nazorat qiluvchi asosiy litologik, strukturaviy, metasomatik va gipergen omillar ajratib ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: Kuljuqtov tog‘lari, geokimyoviy xususiyatlar, nurash qobig‘i, kamyob yer elementlari, ma’danlashuvni nazorat qiluvchi omillar.

Аннотация: В статье рассмотрены геохимические особенности и рудоконтролирующие факторы формирования редкоземельного оруденения в нижнемеловых отложениях гор Кульджуктау (Центральные Кызылкумы). Установлены основные концентраторы редкоземельных элементов, приуроченные к каолиновым глинам коры выветривания, бурожелезняковым песчаникам и графитсодержащим горизонтам. Выделены ключевые литологические, структурные, метасоматические и гипергенные факторы, контролирующие локализацию редкоземельного оруденения.

Ключевые слова: Горы Кульджуктау, геохимические особенности, кора выветривания, редкоземельные элементы, рудоконтролирующие факторы.

Abstract: The article examines the geochemical characteristics and ore-controlling factors of rare earth elements (REE) mineralization in the Lower Cretaceous deposits of the Kuldzhuktau Mountains (Central Kyzylkum). The main REE concentrators are identified as kaolinite clays of the weathering crust, ferruginous sandstones, and graphite-bearing horizons. The key lithological, structural, metasomatic, and supergene factors controlling the localization of REE mineralization are determined.

Key words: Kuldzhuktau Mountains, geochemical characteristics, the weathering crust, rare earth elements, factors controlling the localization.

Введение.

В мировой практике, в связи с тенденцией повышения потребности редкоземельных элементов, прогнозирование нетрадиционных типов оруденения имеет особо важное значение. В развитых странах мира за

последние годы усилились геологоразведочные работы по выявлению новых месторождений редкоземельных элементов. В этом аспекте исследования по повышению эффективности выявления оруденения в меловых отложениях, с использованием современных прогнозно-поисковых и аналитических методов послужат повышению перспектив имеющихся проявлений и развитию их минерально-сырьевой базы.

Основной целью исследований является изучение геолого-генетических особенностей и условия размещения редкоземельного оруденения в меловых отложениях хр.Кульджуктау, совершенствование существующих и установление новых факторов комплексного оруденения.

Район гор Кульджуктау (Центральные Кызылкумы) относится к зонам развития **критически важных видов сырья** – в пределах узла установлены проявления вольфрама, урана, золота, графита и редкоземельных элементов (REE). Современные оценки минерально-сырьевого потенциала подчёркивают наличие перспектив на REE, тесно связанных как с коренными палеозойскими интрузивами, так и с мезозойским чехлом.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.

В исследованиях применялись традиционные методы, включающие комплекс полевых наблюдений (геологические маршруты, описание точек детальных наблюдений, изучение рудопроявлений и аномалий, составление литологических, минералогических и структурных разрезов, отбор проб, геологическая документация и др.), современные высокоточные аналитические определения (масс-спектрометром ICP MS, оптико-эмиссионнный анализ), а также теоретического обобщения собранных геологических материалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

По данным комплексных геолого-геохимических исследований, главными концентраторами REE в нижнемеловых отложениях Кульджуктау выявлены: каолиновые глины выветрелого профиля, горизонты бурожелезняковых песчаников, зоны тонкодисперсного графита в коре выветривания. В альбских прибрежно-мелководных свитах (джаманъярская, узункудукская, шурукская) отмечены повышенные содержания как лёгких (La–Sm), так и тяжёлых (Yb, Lu) лантаноидов, при общей цериевой специализации редкоземельной минерализации. [7]

Источник вещества для REE минерализации Кульджуктау связан с метасоматически переработанными интрузивами палеозойского возраста (гранитоиды, габброиды, субщелочные породные серии), вскрываемыми в ядрах структур и на флангах разломных зон. [1, 2] В составе этих интрузивов и сопутствующих им контактово-метасоматических зон отмечены

ISSN 3030-3907

следующие акцессорные минералы-носители REE (в основном по аналогии с типичными фациями Центральноазиатского орогенного пояса и по данным региональных исследований): **монацит-(Ce)** – основной носитель лёгких лантаноидов; **бастнезит-(Ce)** и другие карбонатофторы РЗЭ; **алланит-(Ce)** (эпидотовый ряд) с повышенными содержаниями Ce–La–Nd; **ксенотим-(Y)** – концентратор тяжелых лантаноидов и Y; **редкоземельный фторапатит**, обогащённый элементами цериевой группы; акцессорные **циркон**, **титанит (сфен)**, локально обогащённые REE.[4,7]

Эти минералы в значительной степени участвуют в формировании скрытой редкоземельной специализации ряда интрузивов и контактовых зон, однако в современном выветрелом профиле проявляются преимущественно через продукты разрушения и вторичную миграцию REE.

Наиболее детально формы нахождения REE изучены в нижнемеловых (альбских) отложениях южных предгорий Кульджуктау (Аяк-Гужумды, Шурук). По результатам масс-спектрометрического анализа (ICP-MS) установлено, что максимальные концентрации суммарных РЗЭ приурочены к: пёстроокрашенным глинам прибрежно-морской фации; ожелезнённым песчаникам и гравелитам с высоким содержанием Fe_2O_3; тонкодисперсным графитсодержащим интервалам выветрелого профиля.

Минералогически REE в этих толщах представлены преимущественно сорбированными формами на поверхности такими ка каолинит, монтмориллонит, галлуазит, смешанно-слойных гидрослюд, а также комплексированными с тонкодисперсным углеродистым веществом (графитом). Исследования показали, что в зонах развития графитовой коры выветривания наблюдается дополнительное обогащение Nd, La, Y и других лантаноидов за счёт сорбции на поверхности углеродистых частиц.

В горизонтах бурожелезняковых песчаников REE фиксируются как в сорбированном состоянии на железооксидных плёнках, так и в виде тонкодисперсных фосфатных и карбонатных фаз (криптокристаллические фосфаты РЗЭ, обогащённые элементами цериевой подгруппы). [4, 6, 7]

Материалы по альбским свитам (джаманъярской, узункудукской и шурукской) свидетельствуют о вертикальной и фациальной дифференциации распределения лантаноидов. В разрезах прибрежно-мелководной фации, сложенных переслаиванием глин и ожелезнённых песчаников, отмечаются: преобладание цериевой группы (La, Ce, Nd, Sm) в интервалах глинистых толщ.

Относительное обогащение иттриевой (тяжёлой) группы (Dy, Yb, Lu и др.) в ожелезнённых песчаниках и гравелитах, где отмечены повышенные содержания Yb и связанных с ним элементов. Общая тенденция к

ISSN 3030-3907

повышению суммарного содержания REE в направлении от более глубоководных фаций к прибрежно-мелководным отражает как седиментационные, так и раннедиагенетические факторы концентрации.

РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ.

Кызылкумский регион является одним из ключевых объектов для изучения редкоземельной минерализации в Центральной Азии. Геологическая структура района формировалась в условиях длительной тектоно-магматической эволюции, что способствовало формированию разнотипных редкометалльных и уран-редкоземельных рудных систем.

Основными рудоконтролирующими факторами при образовании редкоземельных руд являются: литологический (источники и ловушки), зоны метасоматоза или альбитизации, структурный и процессы выветривания или редокс-перераспределения.

Литологический фактор является источником редкоземельных элементов (REE) и выполняет роль ловушки, где эти элементы концентрируются. *Породами-источниками* могут быть щелочные и ультращелочные интрузии (например, нефелиновые граниты, сиениты), карбонатиты, а также связанные с ними метасоматиты или зоны магматического распада. Эти породы часто содержат повышенные концентрации REE либо минералы, способные их аккумулировать.

Ловушка может фиксировать, удерживать или концентрировать REE - например, породы с повышенной пористостью, трещиноватостью, минералы-сорбенты (глинистые, фосфатные) либо зоны, где произошла перераспределительная концентрация.

Литологическая смена (например, переход массивной породы → трещиноватая зона → зона метасоматоза) обеспечивает выгодную архитектуру: источник → транспорт → ловушка. (рис.1)

ISSN 3030-3907

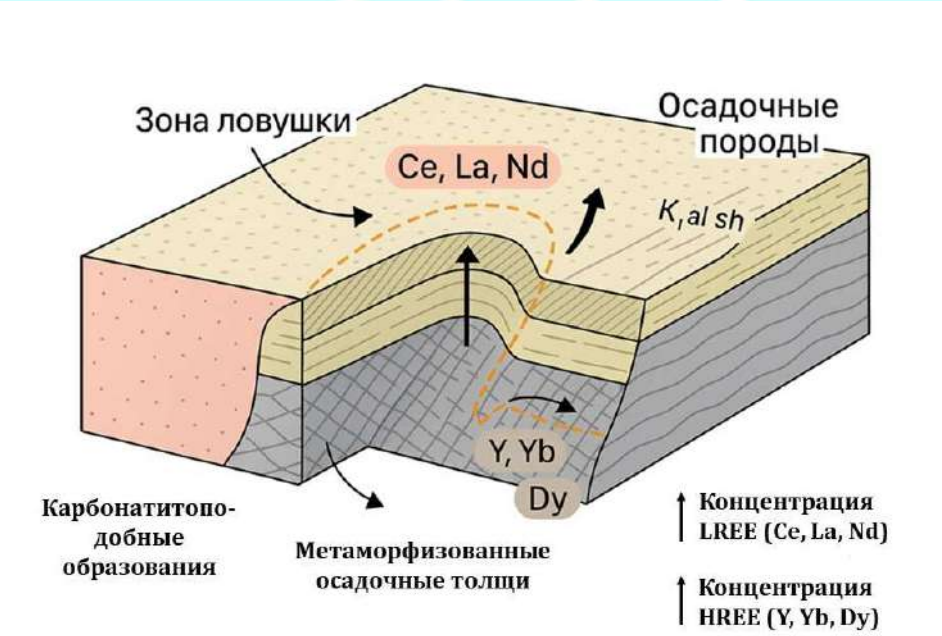


Рис. 1. Литологические факторы источников редкоземельных элементов и формирование ловушек для их концентрации [7]

Зоны метасоматоза и альбитизации. Метасоматические процессы часто выступают как **активатор** переноса REE и формируют благоприятные условия для их фиксации. Выявление зон метасоматоза (особенно с альбитизацией) - важный поисковый признак. При альбитизации (замена полевых шпатов альбитом) возрастает щелочность флюидной системы, что способствует растворению одних минералов и переносу REE-комплексов. Метасоматоз может проявляться как: флюидальные зоны Na, K, Ca-замещений, с выделением новых минералов (например, флюоритов, карбонатов, апатитов) и формированием хвостовых зон.

Структурные пути для гидротермальных флюидов (разломы, трещины, зоны разуплотнения) играют важную роль в транспортировке, переносе и фокусировки флюидов, несущих REE. Разломы и трещины создают зону повышенной проницаемости, что обеспечивает циркуляцию термальных растворов, мобильных комплексов REE.

Узлы пересечения структур (например, пересечение двух систем трещин) часто являются центрами локализации, где образуются линзообразные, куполообразные или другие по форме рудные тела.

Анализ ориентации и активности структур в районе позволяют выделить возможные “флюидные каналы” и зоны ловушек.

Процессы выветривания и редокс-перераспределения (окислительно-восстановительный процесс). В условиях аридного климата Кызылкумов развиты мощные зоны гипергенеза, приводящие к накоплению редкоземельных элементов в коре выветривания. В зоне выветривания исходных REE-минералов (например, фосфатов, карбонатов)

ISSN 3030-3907

происходит разложение и мобилизация REE-ионов, и их перенос вниз по профилю.

В зависимости от pH, Eh и наличия сорбентов (глины, Fe-Mn-гидроксиды) REE фиксируются в породе, образуя коры выветривания или ион-адсорбционные руды. Например, ион-адсорбционные редкоземельные месторождения.

В пределах Центральных и Западных Кызылкумов широко развиты нижнемеловые песчано-глинистые и карбонатные толщи, перекрывающие палеозойские метаморфиты и гранитоиды. Эти отложения подверглись длительному аридному выветриванию, что привело к формированию мощных (до 40–60м) профилей выветривания с ярко выраженной редокс-зональностью. В основу редокс-зональности положены редокс-условия.

В гипергенных условиях (ионно-сорбционные системы) наблюдается формирование мощной (до 40–60 м) коры выветривания, в которой элементы-спутники играют ключевую роль в фиксации РЗЭ: **Fe-Mn оксиды** - основные сорбенты REE^{3+}**; Al-глины**: **каолинит**, **галлуазит**, **монтмориллонит -** фиксируют LREE и HREE в ионно-обменной форме**; P -** способствует вторичному формированию REE-фосфатов в восстановительных горизонтах**; C (органическое вещество, графит) -** ключевой сорбент Y, Dy, Yb**; Mg, Ca -** участвуют в обменных реакциях, лимитирующих фиксацию REE [4, 7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Эффективный поиск и оценка перспектив редкоземельной минерализации в условиях Кызылкумов требуют комплексного подхода, объединяющего минералогические, геохимические, структурно-геологические и картографические методы. Ниже приведён систематизированный набор практических рекомендаций, позволяющий оптимизировать последовательность поисковых работ, повысить информативность получаемых данных и минимизировать неопределённость при прогнозе рудоносности.

Минералогические исследования являются базовым элементом поисковой стратегии, формируя первичное представление о типе рудообразования, источнике вещества и условиях формирования. Включает такие виды работ, как выявление первичных и вторичных минералов-носителей, включая монацит, бастнезит, ксенотим, эвдиалит, фторапатит и др.

Полнофракционное исследование всех зерновых классов - важнейший источник информации о миграции, перераспределении и аккумуляции REE в различных геологических средах, включающее анализ всех фракций:

ISSN 3030-3907

песчаной, алевритовой, глинистой, тяжелой и магнитной, включая шлифы и концентраты; определение **LREE, HREE, Y, Sc, Th, U,** а также ключевые индикаторные отношения (La/Yb, Ce/Y, Y/Ho, Th/U).

Структурно-геологические данные играют ключевую роль в поисках REE, поскольку именно разломы, зоны трещиноватости и метасоматические ореолы контролируют миграцию флюидов и формирование ловушек.

Предложенный комплекс рекомендаций позволяет эффективно интерпретировать минералого-геохимические данные, выделять ключевые процессы (магматические, метасоматические, гипергенные) и направленно определять поисковые приоритеты. Такой подход обеспечивает высокую информативность поисковых работ и повышает вероятность выявления редкоземельной минерализации в условиях Кызылкумов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айсанов Я.Б., Егоров А.И. Геологическое строение и основные черты минерагении палеозойских образований гор Кульджуктау. Ташкент, 1978 г. - 120 с.
2. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. Москва, Наука. 1976 г. 267 с.
3. Гинзбург А.И. Геология месторождений редких элементов. Вып.3. Редкоземельные элементы и их месторождения. Москва, Госгеолтехиздат. 1959 г. 126 с.
4. Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Новикова И.В. Редкоземельные элементы. Геохимия, минералогия, месторождения. ГП «НИИМР», Ташкент. 2013 г. 180 с.
5. Крикунова Л.М., Захидов А.Х., Гафурбеков А.А. Геолого – промышленные типы железных руд Узбекистана. ГП «НИИМР». Ташкент. 2012 г. 100 с.
7. Турамуратов И.Б., Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р. Прогнозные критерии и признаки при поисках и оценке месторождений редких земель. «Геология и минеральные ресурсы». №3. 2012 г. -С.9-18.
8. Хафизов У.А., Пирназаров М.М. Геологические условия и рудоконтролирующие факторы проявления редкоземельных элементов в нижнемеловых породах хр.Кульджуктау. «Геология и минеральные ресурсы». №6. Ташкент. 2022 г. -С.66-68.

ISSN 3030-3907