

* ФГБУ «Федеральный исследовательский центр Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Институт химии и химической технологии Сибирского отделения
Российской академии наук
(ФИЦ КНЦ СО РАН (ИХХТ СО РАН))

Особенности вещественного состава редкоземельных
руд Чуктуконского месторождения, перспективы
промышленного освоения арктической зоны
Енисейской Сибири.

Целюк Денис Игоревич

2025

* Актуальность

Необходимость разработки руд редкоземельных металлов (РЗМ) определяется востребованностью этих материалов в рамках развития:

- высокотехнологичных отраслей и оборонной промышленности;
- ядерной энергетики;
- металлургии, в качестве легирующих добавок;
- электроники, применяется в качестве диэлектриков в микроэлектронике;
- медицины используется в качестве контрастного вещества для МРТ и др.

В январе 2025 года в России стартовал национальный проект «Новые материалы и химия», в который включён федеральный проект «Развитие отрасли редких и редкоземельных металлов», нацеленный на развитие производства редкоземельных металлов

* Актуальность

По данным государственного доклада «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2022 году»:

Запасы РЗМ по состоянию на 1 января 2023 года*:

Балансовые – 28,7 млн. т (18 месторождений);

Забалансовые – 11,6 млн. т (2 месторождения).

На территорию Енисейской Сибири и сопредельную с ней Республику Саха приходится до 18% разведанных запасов редкоземельных металлов России.

Месторождение	Сырьевая база	
	Содержание РЗО, %	РЗО, млн. т
Томторское (запасы)	10,1	3,232
Чуктуконское (запасы)	4,75	2,76
Кийское (ресурсы)	5,4	0,22
Карасугское (ресурсы)	2,2	0,38

* Создание Ангаро-Енисейского кластера

В настоящее время Правительством Российской Федерации рассматривается перспектива создания Ангаро-Енисейского кластера.

Конкурентные преимуществами создания центра редкометальной промышленности в Красноярском крае наличие:

стратегической базы сырья для высоких технологий - месторождений ниобия и редкоземельных металлов;

научной и производственной базы по геологическому и технологическому изучению и сопровождению (КНЦ, ИХХТ СО РАН, СФУ, геологоразведочные и промышленные компании Енисейской Сибири)

производственной базы по переработке слаборадиоактивных концентратов (Горно-химический комбинат, г. Железногорск).

* Чуктуонское месторождение

Открытие Чуктуонского месторождения состоялось в 1956-1960 гг.

Апробирование его в статусе прогнозных ресурсов проведено ИМГРЭ в 2003 г.

Активное изучение начато с 2005 г.

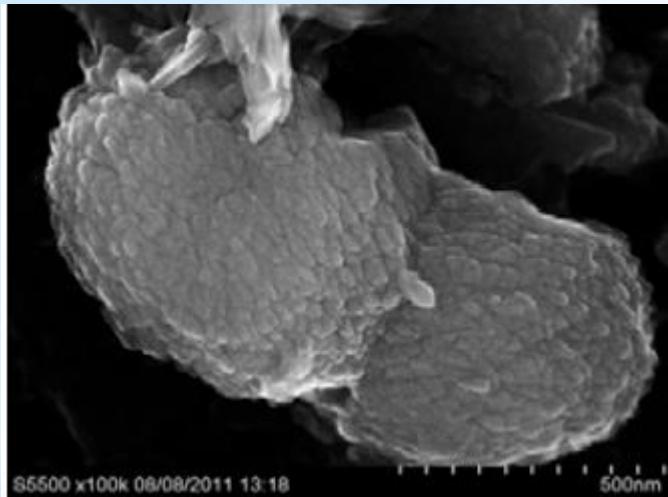
Первый этап

научные исследованиями ученых Красноярского края:

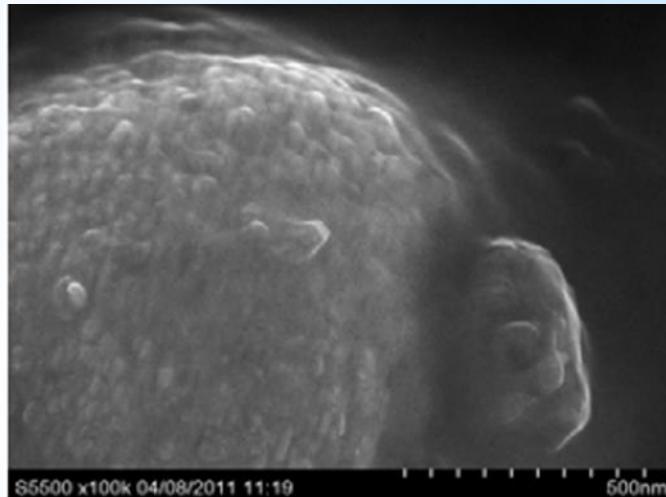
- * Красноярского краевого научно-исследовательского института геологии и минерального сырья (Параметры изучения рудных тел, условия их залегания);
- * ФГБУ «Федеральный исследовательский центр Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук» (Физическими и физико-химическими методами исследованы структурные и технологические особенности чуктуонской руды).

* Чуктуонское месторождение

Основу месторождения составляет кора выветривания карбонатитов. Месторождение характеризуется исключительной дисперсностью минералов и их взаимной сращенностью. Размер частиц, из которых состоят глобулы руды, равен десяткам нанометров. Минеральные частицы покрыты пленкой гидроксидов и оксидов железа. (Кузьмин, Кузьмин, Жижаев, 2013; Кузьмин и ар., 2010, 2014; Kuzmin an etc., 2011, 2012).



Глобула чуктуонской руды
микронного размера, сложенная
тонкими частицами размером 10-
30 нм

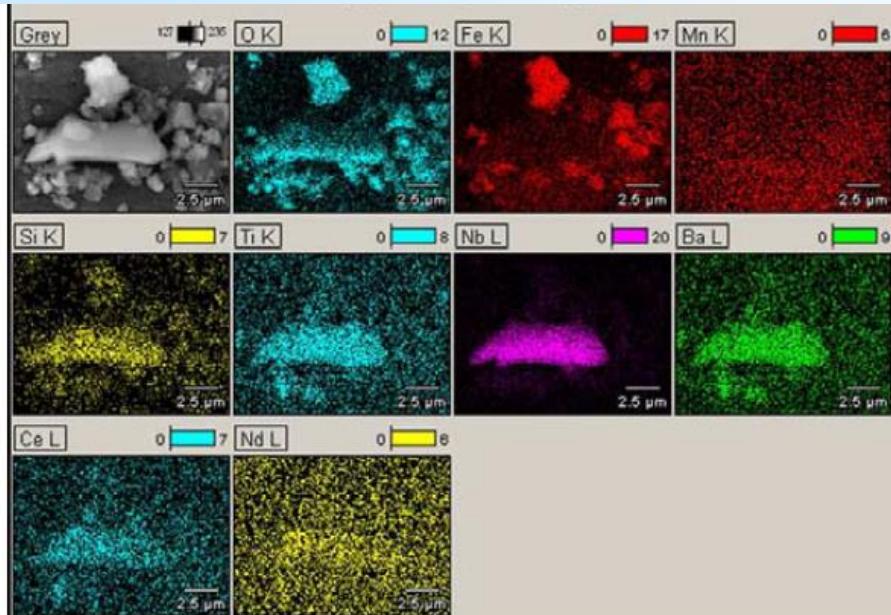


Агрегат из мелких частиц
обломочной формы, затененный
дисперсной фазой

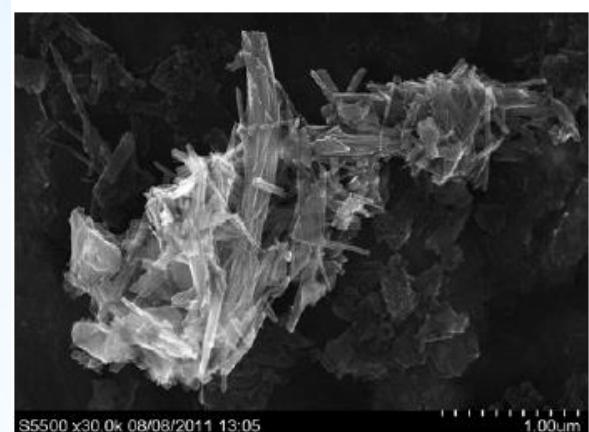
Редкоземельные минералы представлены монацитом, флоренситом и церианитом. Ниобиевые минералы, относящиеся к пирохлору, содержат значительные количества церия.

* Чуктуонское месторождение

РЗМ в значительной степени распределены по оксидным частицам железа, составляющих основу руды. (Кузьмин, Кузьмин, Жижаев, 2013; Кузьмин и ар., 2010, 2014; Kuzmin an etc., 2011, 2012)



Результаты элементного картирования (по O, Fe, Mn, Si, Ti, Nb, Ba, Ce, Nd) частицы пирохлора и ее окружения в чуктуонской руде



Агломерат игольчатых частиц оксидов марганца (толщина кристаллов 50-60 нм)

* Чуктуонское месторождение

ИХХТ СО РАН разработана технологическая схема переработки руд Чуктуонского месторождения включающая:

- предварительную механоактивационную обработку руды;
- селективное автоклавное выщелачивание азотной кислотой РЗМ, иттрия, тория и урана;
- экстракционное выделение редкоземельных элементов, урана и тория с получением карбонатов РЗМ и уран-ториевого концентрата;
- термическое разложение нитратных растворов с регенерацией азотной кислоты и получением марганцевого концентрата (Кузьмин и ар., 2010, 2014; Kuzmin ap etc., 2011, 2012).

В 2007 г. по результатам работ краевой и федеральной научных организаций были впервые утверждены временные разведочные кондиции и запасы категории C_2 редкоземельных руд центральной части Чуктуонского редкоземельно-ниобиевого месторождения.

* Чуктуонское месторождение

Второй этап включал:

организацию и проведение геологоразведочных работ по уточнению геологического строения месторождения, параметров рудных тел, особенностей их залегания, содержания в рудах полезного компонента, а также разработку технологических решений по промышленному освоению и уточнения статуса кондиционности запасов .

Работы были выполнены в 2014-2016 гг:

- Государственным предприятием АО «Росгеология»
- Федеральным отраслевым институтом ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М.Федоровского».

По результатам производственных оценочных работ были

- разработано ТЭО временных разведочных кондиций;
- подготовлены оцененные запасы кат. C_1+C_2 оксидов ниобия, редкоземельных металлов, иттрия и скандия;
- подсчитаны запасы попутных полезных компонентов (Mn , $F_{общ}$, P_2O_5); локализованы и оценены прогнозные ресурсы.

* Чуктуонское месторождение

Производственная система поисково-разведочных работ и оценки включала:

- выполнение геологического изучения;
- бурение вертикальных скважин;
- инструментальное создание топографической основы;
- применение технологии бурения, обеспечивающей выход керна более 90% и достоверность опробования;
- сопровождение буровых работ геофизическими исследованиями скважин;
- сплошное опробование керна скважин;
- составление групповых керновых проб; отбор малых технологических проб;
- бурение технологических скважин с отбором укрупненных технологических проб;
- отбор образцов на физико-механические испытания;
- бурение гидрогеологических скважин с опытными откачками;
- производство геоэкологических работ;
- технологические исследования малых и укрупненных технологических проб;
- разработка материалов ТЭО временных разведочных кондиций;
10 подсчет запасов и оценка прогнозных ресурсов

* Выводы

Таким образом,

последовательность и этапность работ включающие:

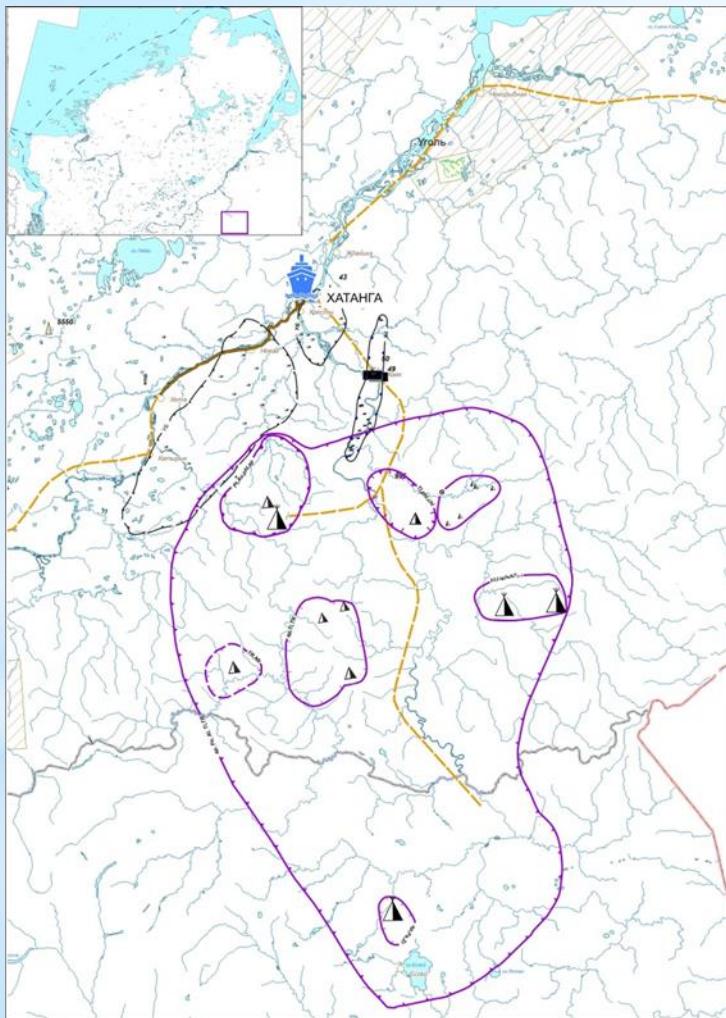
- научные исследования, предусматривающих оценку ресурсного и промышленного потенциала Чадобецкого куполовидного поднятия
- производственные работы, оценивающих кондиционную значимость месторождения

позволили создать единую научно-производственную, геолого-техническую модель рудного объекта,

которая всецело подтверждена результатами производственных геологических работ и технологических испытаний.

* Перспективы наращивания минерально-сырьевой базы РЗМ.

Расширение минерально-сырьевой базы металлов высоких технологий также возможно за счет оценки северных арктических территорий Енисейской Сибири на Маймече-Котуйской провинции:



Условные обозначения к обзорной карте	
— ap, Fe, Al, Ti, TR	Маймече-Котуйская апатитовая с железными, титановыми, редкоземельными и глиноземными
— ap, Fe	Маган-Ыраасский железорудно-апатитовый рудный узел
— ap, Fe	Ессейский железорудно-апатитовый рудный узел
— Pt, Au, phi, ap	Гулинский апатит-флогопит-золото-платиноносный рудно-россыпной район
— ap, Ti, TR	Далбыха-Бор-Уряхский редкоземельно-титан-апатитовый рудный узел
— ap, TR, Nb	Чангитский ниобий-редкоземельно-апатитовый прогнозируемый рудный узел
— ap, Ti, phi, chl	Белехский ниобий-редкоземельно-апатитовый прогнозируемый рудный узел
— Ф	Фосфоритовый прогнозируемый район
— УБ —	Маймече-Сабыдинский буроугольный прогнозируемый район
— УБ —	Хатангский буроугольный район
■	Уголь каменный
■	Уголь бурый
▲	Апатит
▲	Фосфорит

* Перспективы наращивания минерально-сырьевой базы РЗМ.

Гулинское рудопроявление. Редкоземельная минерализация установлена во всех разновидностях карбонатитов на Южном и Северном массивах. Концентрация редкоземельных металлов изменяется в пределах от 0,2 до 1 %.

Проявление Далбыха приурочено к породам массива Далбыха-Центральная. Наиболее высокие содержания характерны для так называемых редкометалльных «слюдитов» - пород, содержащих более 50 % флогопита, где содержание редких земель изменяется в пределах от 0,1 до 1,1 %.

Проявление Чангит, приуроченное к серии небольших карбонатитовых тел, установленных вблизи интрузии Чангит. Территория характеризуется наличием редких земель, общее содержание которых изменяется в пределах от 0,32 до 1,4 %.

Объекты	Содержание, % Nb_2O_5	Ресурсы Nb_2O_5 , тыс.т
Гулинский массив	4,11	40,6 (P_1)
Далбых- Бор-Уряхский узел (Проявление Далбыха)	0,148 - 1,7	от 100 до 350 (P_{3+})
Чангитский узел (Проявление Чангит).	0,128 - 0,67	100 (P_{3+})

* Перспективы освоения Маймеч-Котуйского комплекса

- * Данные о ресурсах сосредоточенных в Маймеч-котуйском комплексе представлены по состоянию на 1977 - 1987 годы.
- * В 1987 году исследования в данных регионах были полностью прекращены по причине их полной необжитости и значительной удаленности от транспортных путей.
- * В этой связи сложилось явно недоизученность минерального сырья РЗМ в арктическом районе Енисейской Сибири.
- * Однако, произошедшие экономические и геополитические изменения в нашей стране в последнее время заставляют по новому рассматривать данные месторождения.
- * В условиях западных санкций, одной из главных стратегических национальных задач является развитие Арктики и ее основного транспортного коридора – Северного морского пути.

* Перспективы освоения руд Маймеч-Котуйского комплекса

- * В 2020 году Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 утверждена Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации на период до 2035 года.
- * Важным механизмом развития Арктической зоны РФ является формирование перспективной грузовой базы Северного морского пути.
- * Планом развития Северного морского пути на период до 2035 года, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 01.08.2022 г. № 2115-р предусмотрено к 2030 году по этому маршруту перевозить до 150 млн.тонн груза.
- * Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 09.06.2023 № 358 «Об утверждении Программы лицензирования участков недр твердых полезных ископаемых в Арктической зоне Российской Федерации на период до 2035 года, ресурсная база которых потенциально может обеспечить загрузку Северного морского пути» предусмотрено формирования перспективной грузовой базы Северного морского пути в рамках освоения минерально-сырьевой базы Арктической зоны.
- * В соответствии с п. 3 Приказа Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 09.06.2023 № 358 органы государственной власти субъектов Российской Федерации, входящих в Арктическую зону РФ, должны ежегодно осуществлять подготовку предложений в Программу лицензирования.
- * Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

* Перспективы освоения руд Маймеч-Котуйского комплекса

Для реализации задач, поставленных президентом РФ, целесообразно было бы:

- * разработать государственную научно-исследовательскую программу по развитию и рациональному освоению минерально-сырьевого комплекса РЗМ арктических территорий Енисейской Сибири с участием органов исполнителей власти субъекта РФ;
- * выполнить переоценку минерально-сырьевого потенциала прогнозных ресурсов и геологических запасов на основе откорректированных научных геологических моделей строения месторождений и научно-технологических решений по выбору технологий извлечения минерального сырья;
- * учесть наличие на данной территории высоко востребованного сырья апатитовых и железных руд на месторождениях Маган, Ырас, Ессей, которые могут существенно поднять экономическую значимость Арктического региона Енисейской Сибири. Общая ресурсная база апатитов этих месторождений P_2O_5 составляет порядка 623,33 млн.т, а железа порядка 3500 млн. т. По объемам оцененных запасов в советское время, ресурсный потенциал месторождений Маймеч-Котуйского комплекса сопоставим с современной минерально-сырьевой базой апатитов Кольского полуострова. А при наращивании запасов за счет имеющихся ресурсов может их превысить (P_2O_5 492,021 млн.т) почти в два раза.

Таким образом, комплексный подход освоения месторождений РЗМ, апатитовых и железных руд может составить существенную долю в объеме общероссийской загрузки Северного морского пути в рамках намечаемого грузооборота .

A wide-angle photograph of a city at night, likely Vladivostok, Russia. The city is built on hills overlooking a large body of water. In the foreground, there are numerous residential buildings of various heights, mostly apartment complexes, their windows glowing with warm light. A prominent feature is a long bridge stretching across the water, its structure illuminated from below. In the background, a range of mountains is visible under a dark, cloudy sky.

Благодарю за внимание