

\* 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 Ангара-Енисейского кластера

В настоящее время Правительством Российской Федерации рассматривается перспектива создания Ангара-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).

## \* Чуктуконское месторождение

Открытие Чуктуконского 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

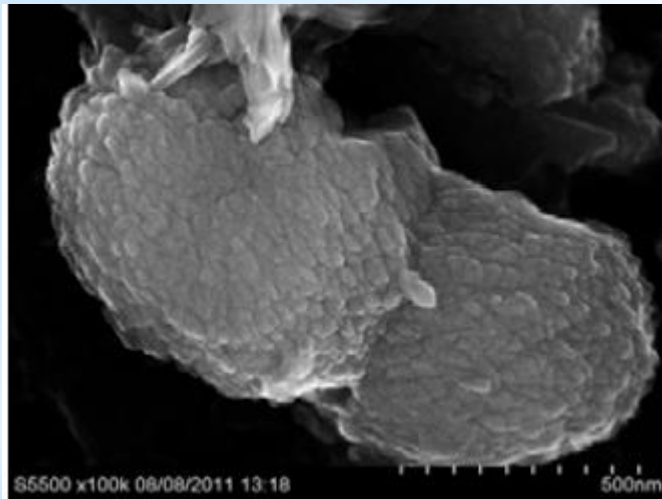
научные исследования ученым Красноярского края:

- \* 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 чуктуконской руды).

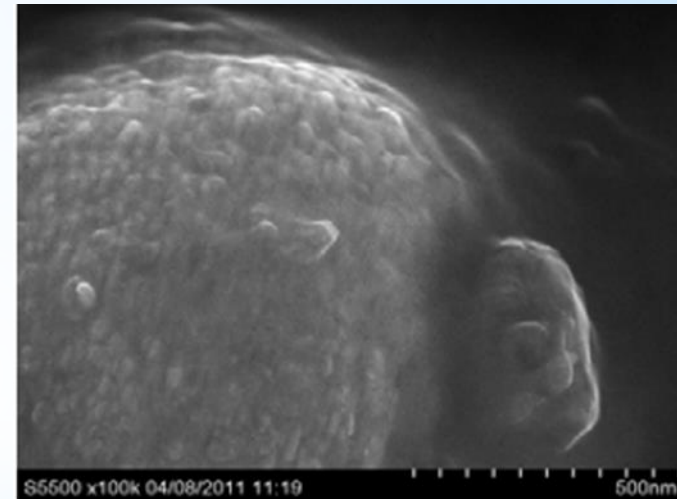


## \* Чуктуконское месторождение

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



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

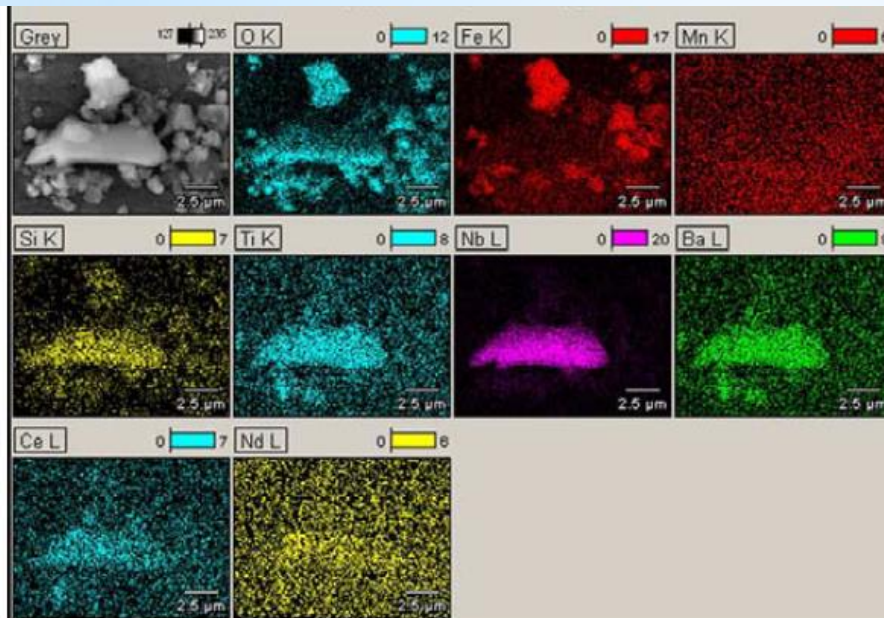


Агрегат из мелких частиц  
обломочной формы, затененный  
дисперсной фазой

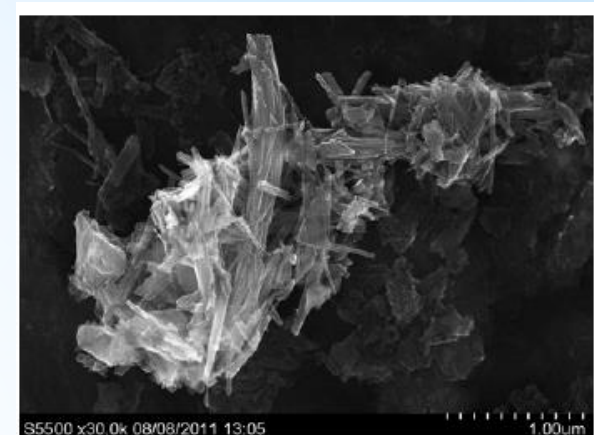
Редкоземельные минералы представлены монацитом, флоренситом и церианитом. Ниобиевые минералы, относящиеся к пироклору, содержат значительные количества церия.

## \* Чуктуконское месторождение

РЗМ в значительной степени распределены по оксидным частицам железа, составляющих основу руды. (Кузьмин, Кузьмин, Жижаяев, 2013; Кузьмин и др., 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 чуктуконской руде



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

## \* Чуктуконское месторождение

ИХХТ СО РАН разработана технологическая схема переработки руд Чуктуконского 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 др., 2010, 2014; Kuzmin et al., 2011, 2012).

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



## \* Чуктуконское 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 разведочные кондиций;
- подготовлены оцененные запасы кат.  $C_1+C_2$  оксидов ниобия, редкоземельных металлов, иттрия и скандия;
- подсчитаны запасы попутных полезных компонентов (Mn,  $F_{\text{еобщ}}$ ,  $P_2O_5$ ); локализованы и оценены прогнозные ресурсы.

## \* Чуктуконское 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; подсчет запасов и оценка прогнозных ресурсов

## \* Выводы

Таким образом,

последовательность и этапность работ включающие:

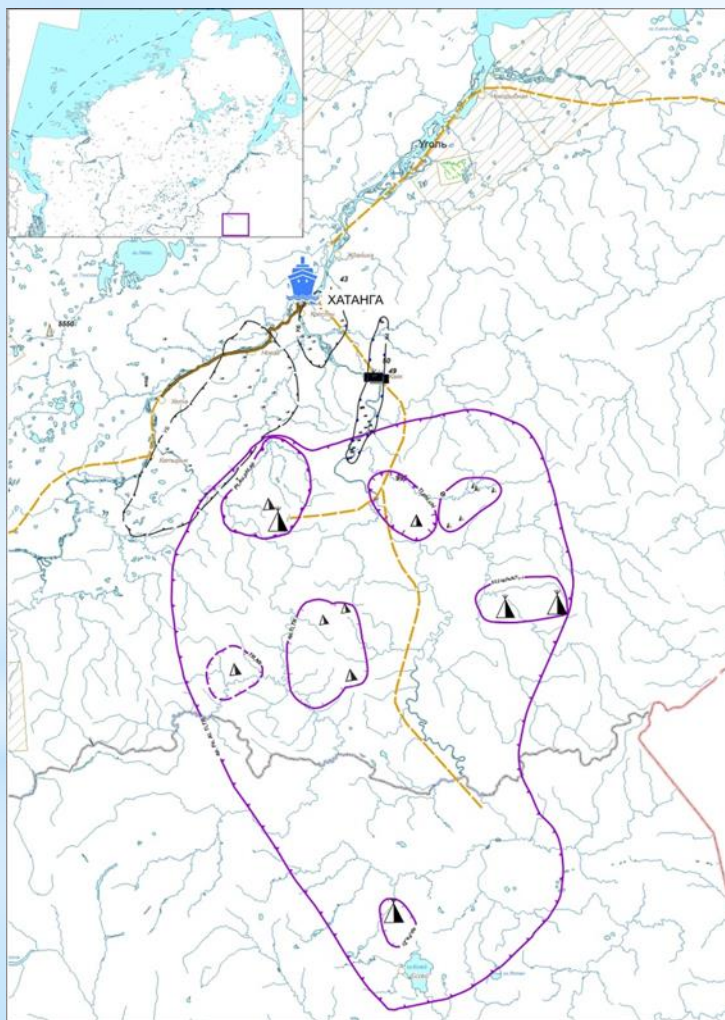
- научные исследования, предусматривающих оценку ресурсного и промышленного потенциала Чадобецкого куполовидного поднятия
- производственные работы, оценивающих кондиционную значимость месторождения

позволили создать единую научно-производственную, геолого-технологическую 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 Маймеча-Котуйской провинции:



Условные обозначения к обзорной карте

	Маймеча-Котуйская апатитовая с железными, титановыми, редкоземельными и глиноземными
	Маган-Ыраасский железорудно-apatитовый рудный узел
	Ессейский железорудно-apatитовый рудный узел
	Гулинский апатит-флогопит-золото-платиноносный рудно-россыпной район
	Далбыха-Бор-Уряхский редкоземельно-титан-apatитовый рудный узел
	Чангитский ниобий-редкоземельно-apatитовый прогнозируемый рудный узел
	Белехский ниобий-редкоземельно-apatитовый прогнозируемый рудный узел
	Фосфоритовый прогнозируемый район
	Маймеча-Сабыдинский буроугольный прогнозируемый район
	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 Маймеча-Котуйского комплекса

- \* Данные о ресурсах сосредоточенных в Маймеча-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 Маймеча-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 Маймеча-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 Маймеча-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 .



**Благодарю за внимание**

