



# **Роль и место Российской академии наук в обеспечении российской промышленности стратегическим сырьем**

**И.Г. Тананаев, С.В. Кривовичев**

***ФИЦ Кольский научный центр РАН***

**Третья научно-практическая конференция «Минерально-сырьевая база металлов высоких технологий. освоение, воспроизводство, использование» Москва, ВИМС, 21-22 ноября 2023**

# Минерально-сырьевые ресурсы - актив национального богатства страны

50% доходная часть федерального бюджета

70% экспорта и валютной выручки страны

100% стабилизационного фонда



50%



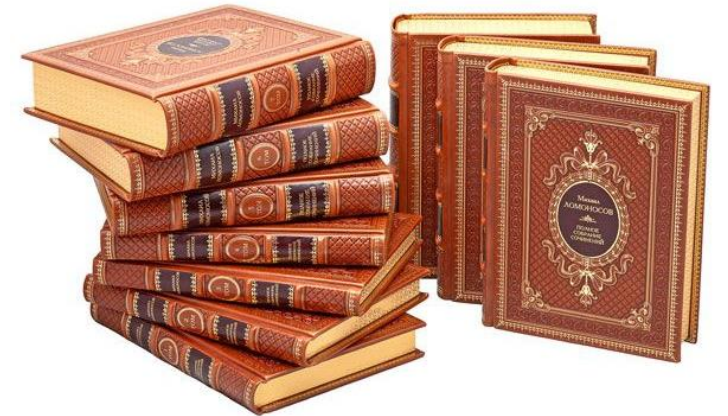
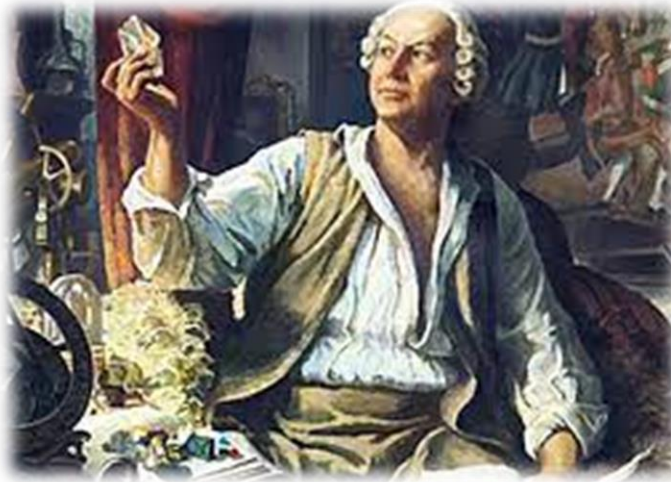
30%



25%

# История развития геологии и горного дела

- Первым учёным мирового масштаба, имевшим российское происхождение, стал первый русский академик М.В. Ломоносов, обогативший науку открытиями в химии, физике, астрономии, геологии
- М.В. Ломоносов внёс огромный вклад в учение о генезисе месторождений полезных ископаемых, их поисках, разведке и разработке



***«Наука ... учит минералы знать, приискивать и приводить в такое состояние, чтобы они в обществе человеческом были угодны»***

***М.В. Ломоносов***

# Развитие геологических наук и горного дела в СССР



- Со времен М.В. Ломоносова Российская академия наук принимала самое активное участие в развитии минерально-сырьевой базы для промышленности нашей страны
- В советское время послевоенное восстановление государства обязано героическим трудом геологов, открывших широкий ряд новых месторождений стратегического сырья для отечественной промышленности
- Геология и горное дело внесли огромный вклад в реализации Атомного проекта СССР
- Эти работы велась под руководством выдающихся действительных членов Академии наук: В.И. Вернадский, А.Е.Ферсман, В.А. Обручев, А.Н. Заварицкий, Д.С. Белянкин, И.А.Щербаков, А.Г Бетехтин и многие другие

# Институты РАН и развитие минерально-сырьевой базы России

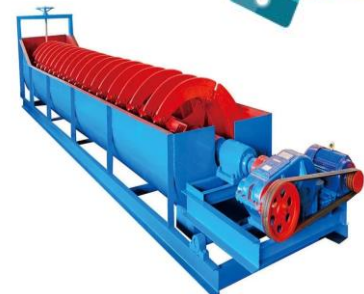
Фундаментальные научные разработки: металлогения, минералогия, геохимия, петрография, генезис рудных месторождений

Открытие и доразведка месторождений полезных ископаемых (полевые исследования)

Разработка технологий добычи полезных ископаемых (горное дело)

Разработка технологий обогащения руд, содержащих стратегические элементы (горное дело)

Разработка технологий извлечения полезных компонентов и создание конечных продуктов (химическая технология)



# Освоение Хибин

**1772** - академик Лепехин отметил, что именно там «великие каменные находятся ущелья, отменное положение которых ... подают надежду к отысканию металлов»

**1892** – Рамзай, Гакман, Петрелиус, Чильман, ученые Российской академии наук подтвердили это предположение, составив геолого-минералогическую карту Хибин

**1920** – первая экспедиция академика Ферсмана, получены первые достоверные научные данные о хибинских апатитовых месторождениях

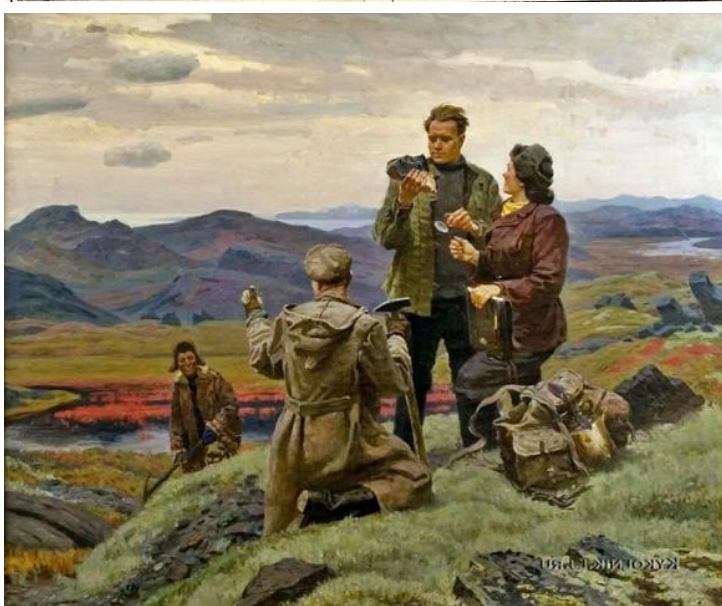
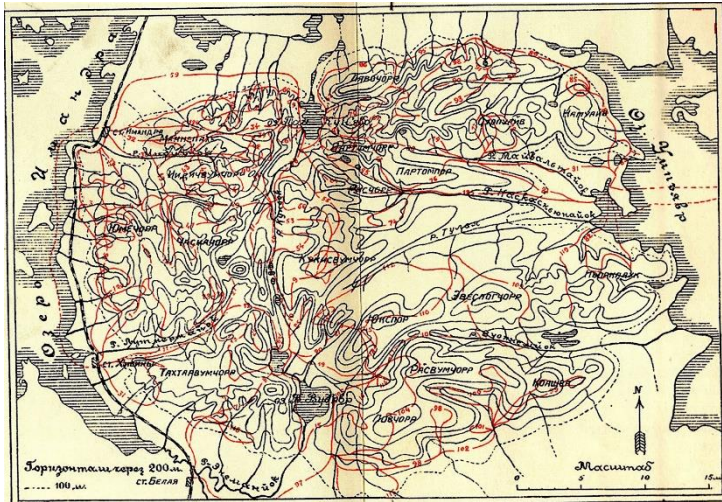
**1930** – Хибинская научная станция Академии наук СССР (получившее название «Тьетта»)

**1934** - Кольская база АН СССР

**1949** - Кольский филиал АН СССР

**1988** - Кольский научный центр АН СССР

**2018** - ФИЦ «Кольский научный центр РАН»





# ФИЦ «Кольский научный центр РАН»

Геологический институт

ГИ КНЦ РАН

Основан в 1951 году



Горный институт

ГГИ КНЦ РАН

Основан в 1960 году



Институт химии и технологии редких  
элементов и минерального сырья им.  
И.В. Тананаева

ИХТРЕМС КНЦ РАН

Основан в 1957 году



Институт проблем промышленной  
экологии Севера

ИППЭС КНЦ РАН

Основан в 1989 году



Институт информатики и  
математического моделирования

ИИММ КНЦ РАН

Основан в 1989 году



Институт экономических проблем  
им. Г.П. Лузина

ИЭП КНЦ РАН

Основан в 1986 году



Центр физико-технических  
проблем энергетики Севера

ЦЭС КНЦ РАН

Основан в 1973 году



Центр медико-биологических  
проблем адаптации человека  
в Арктике

НИЦ МБП КНЦ РАН

Основан в 2015 году



Центр гуманитарных проблем  
Баренц региона

ЦГП КНЦ РАН

Основан в 1994 году



Центр наноматериаловедения

ЦНМ КНЦ РАН

Основан в 2010 году



2022 год:

**11**  
ИНСТИТУТОВ

**1240**  
СОТРУДНИКОВ

**5**  
МОЛОДЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

**1720**  
ПУБЛИКАЦИЙ

**39**  
ИЗОБРЕТЕНИЙ

# Логистика научно-технологической работы в ФИЦ КНЦ РАН



Поиск перспективных месторождений в регионе

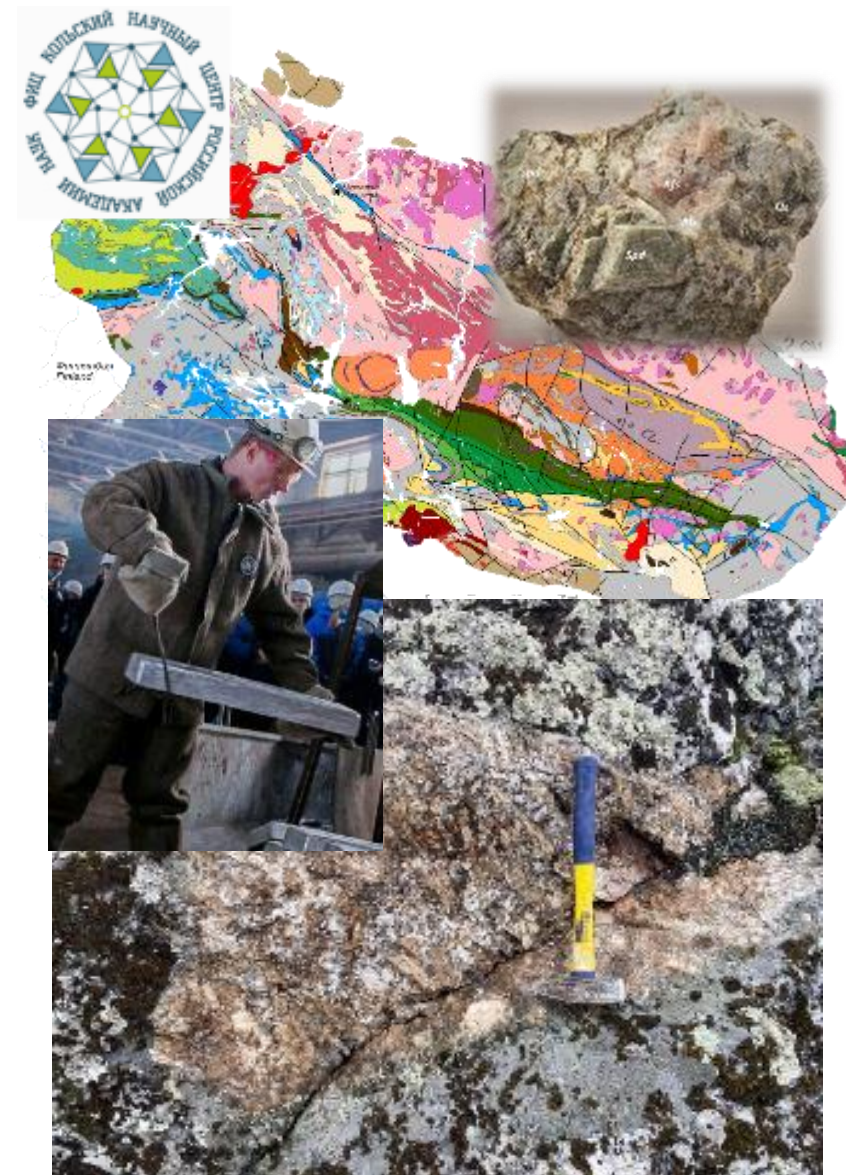


Разработка методов освоения и переработки сырья



Основные полупродукты и глубокая переработка

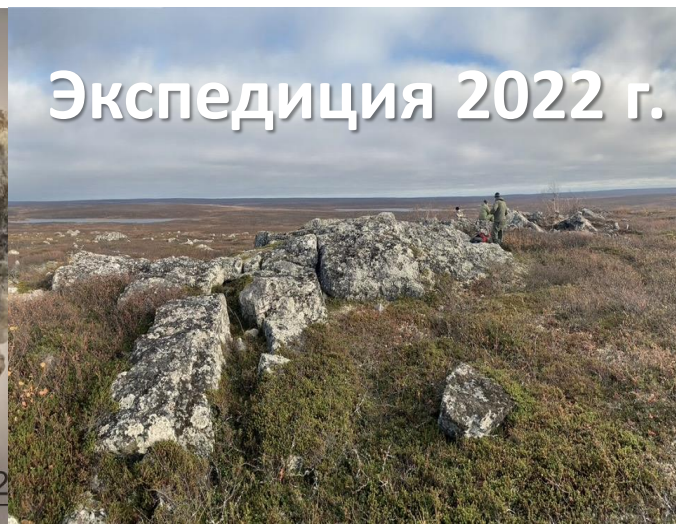
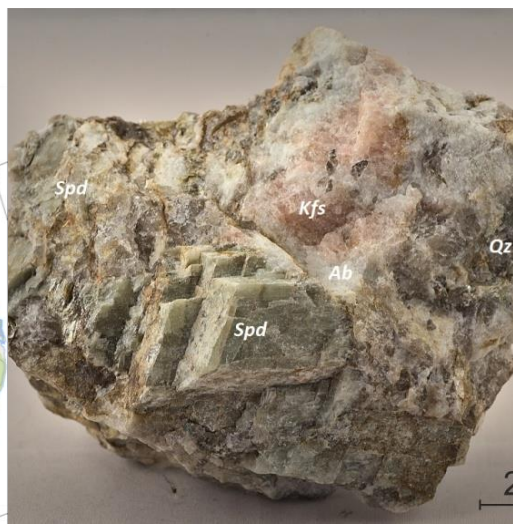
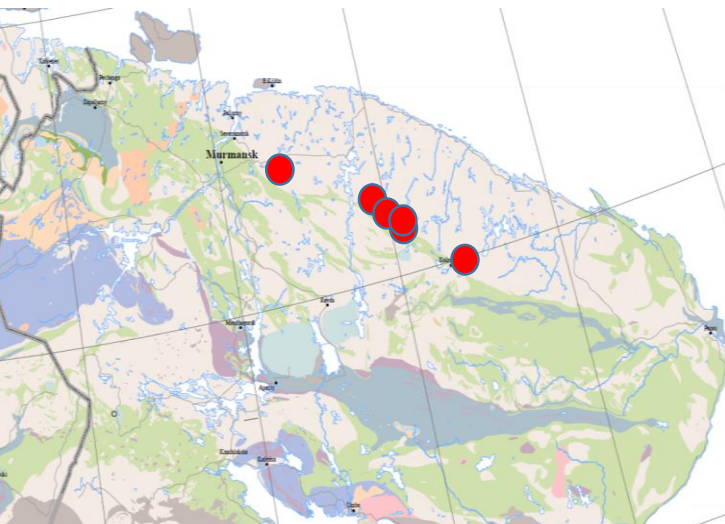
**ФИЦ КНЦ РАН обладает колоссальным конкурентным преимуществом: комплексность при проведении научно-ориентированных исследований и прикладных разработок**





# Литий: «новая нефть» Колмозера

- Сотрудники Геологического института (ГИ) КНЦ РАН открыли пять месторождений редкометальных пегматитов как сырья, содержащие стратегические металлы и необходимые отечественной промышленности (Li, Cs, Ta, Be)
- Основной интерес обращен к литию в связи с широким его применением для высоких технологий: производства источников тока, компонентов атомной энергетики, нелинейных оптических материалов для нелинейной оптики
- Открытое ГИ КНЦ РАН Колмозерское месторождение уникально по своим запасам и содержат более 500 тыс. тонн лития. В 2022 г. была доставлена представительная для исследований и оптимизации технологии выделения лития. Совместно с ГК «Росатом» определен минералогический, гранулометрический состав руды для дальнейшей работы



# Получение spodуменового концентрата путем дробления, измельчения и флотации на экспериментальной обогатительной установке ГоИ КНЦ РАН



**Проведение исследования по кусковому предобогащению представительной пробы руды с определением оптимальных технологических параметров**

- Исследование фотометрического и рентгенолюминесцентного предобогащения руды
- Исследований по предобогащению руды альтернативными методами

**Проведение исследования по флотационному обогащению руды с получением концентратов spodуменового, бериллового, колумбит-танталитового, калийполевошпатного и др.**

- Исследование флотационного обогащения исходной руды и руды, прошедшей кусковое обогащение
- Определение оптимальных режимов флотации и флотореагентов

# Химическая переработка литиевого сырья

- Определен химический состав исходной руды при отработке технологии, оптимальные параметры термической обработки концентрата: расход реагента, температура и время обжига
- Апробирована гидрометаллургическая сернокислая технология вскрытия spodumенового концентрата, определены оптимальные параметры переработки концентрата (температура выщелачивания, расход реагентов, очистка раствора от примесей, осаждения карбоната лития) с определением состава и выхода образующихся отходов и выдачей рекомендаций по их утилизации
- Разработан эскиз лабораторной установки извлечения лития из  $\beta$ -сподумена с сульфатизацией или автоклавным сернокислотным выщелачиванием с выходом



**98 %**

K	Na	Fe	Al	Ca	SiO <sub>2</sub>	Ti	Mn	P	Li
1.02	1.17	0.7	13.44	0.53	49.0	0.07	0.11	5.45	<b>2.5</b>

Химический состав исходного сподуменового концентрата, мас. %:



# Взаимодействие ФИЦ КНЦ РАН и АО «Апатит»: 90 лет вместе



**В 2020 между ФИЦ КНЦ РАН и АО «Апатит» подписано  
Соглашение о научно-техническом сотрудничестве**

**Цель проекта: создание НИЦ по изучению апатит-нефелиновых руд перспективной добычи для достижения стабильно высокого качества апатитового концентрата в условиях изменчивости минерального состава руды**

**Задачи проекта:**

- минералогическое изучение разновидностей руды
- разработка для каждого типа руды оптимальных режимов рудоподготовки и селективной флотации
- технолого-минералогическое 3d-картирование запасов руды
- подбор и разработка эффективных и экологически безопасных флотационных реагентов
- разработка и аккредитация методик аналитического контроля химического состава минерального сырья



# Структура и основные направления работ лаборатории



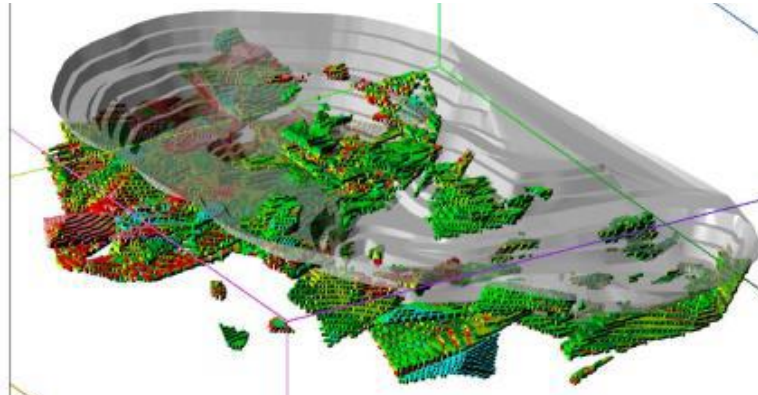
## Совместное руководство



### Сектор обогащения

### Сектор технологической минералогии

### Сектор изучения рудной минералогии



Оснащение центра оборудованием: волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр, рентгеновский дифрактометр, атомно-эмиссионный спектрометр, раман-спектрометр, оптический поляризационный, микроскоп рудно-петрографический, лабораторные флотомшины, ICP-спектрометр (всего 40 единиц)

# Совместный научно-исследовательский центр



# **Новый проект:** перспективы товарного производства и рынка сбыта продукции, получаемой путем переработки сфенового, титаномагнетитового и эгиринового концентрата на АО «Апатит»

**Крайний Север: рождение новых химических технологий**



**Первые «установки» на объекте исследования**

**Опытно-промышленная установка на АО «Апатит»**

# Производство $\text{TiO}_2$ для титан-содержащих продуктов из техногенных отходов обогащения апатито-нефелиновой руды $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl}) + \text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$

Пенный продукт  
нефелиновой флотации

→ Титаномагнетит: магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; шпинели  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4$  и  $\text{Mg}_2\text{TiO}_4$

→ Эгирин:  $\text{NaFe}[\text{Si}_3\text{O}_6]$  с примесями  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$  и др.

черновой сфеновый концентрат (титанит): состав  $\text{CaO}$  до 28 %,  $\text{TiO}_2$  до 41 %,  $\text{SiO}_2$  до 31 %

**10-15 %** ←  **$\text{H}_2\text{SO}_4$**  → **40-45 %**

продукты

①

«Чистый»  
сфеновый к-т

④

Титановая соль  
(дубитель)

⑦

Композиционный  
сорбент Ti-P-Si

Кальций-силикатный

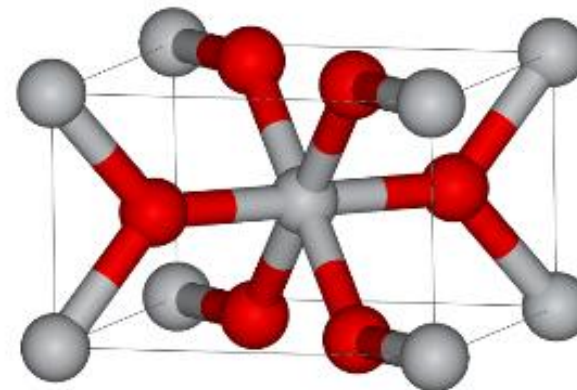
⑧ наполнитель

②

Сварочные  
электроды

⑤

Сорбенты Ti-Si; Ti-P  
для очистки ЖРО



⑨

Строительные  
материалы

③

Пигменты

⑥

**$\text{TiO}_2$  для  
герметиков и клеев**

ТУ 2321-001-04694196-2006 (O)



# Общая структура работ по проекту

---

**Этап 1.** Анализ состояния и потенциала отраслей-производителей и потребителей продукции из сфена, титаномагнетита и эгирина на основе актуальных открытых данных

**Этап 2.** Прогноз номенклатуры, объемов и уровня цен на продукцию из сфена, титаномагнетита и эгирина на основе интервью с основными потребителями; актуализация основных технологических проблем и обсуждение условий формирования исследовательских консорциумов

**Этап 3.** Техничко-экономическая оценка перспектив производства АО «Апатит» востребованных рынком объемов сфенового концентрата и продукции из него, а также титаномагнетитового и эгиринового концентратов

## Ожидаемые результаты:

- на основе результатов прогноза рынка выявить номенклатуру наиболее востребованной рынком товарной продукции, получаемой из концентратов на АО «Апатит» и их объемы
  - рассчитать укрупненные ТЭО производства товарной востребованной рынком продукции на основе оценок возможных объёмов производства источника сырья: сфенового, титаномагнетитового и эгиринового концентратов.
-

# Переработка эвдиалитового концентрата



**Модельная установка ИХТРЭМС  
по комплексной переработке  
эвдиалитового концентрата**



## Технологический процесс

**Технологии получения карбонатного нерадиоактивного концентрата РЗЭ из экстракционной  $\text{H}_3\text{PO}_4$  сернокислотного дигидратного процесса переработки хибинского апатитового концентрата на минеральные удобрения**

**Метод переработки монацитового концентрата путем сорбционной конверсии с получением нерадиоактивного концентрата РЗЭ и ториевого концентрата**

**Технология переработки апатитового концентрата с получением  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , концентрата РЗЭ, карбонатов кальция и стронция, фторсиликата натрия**

**Метод синтеза соединений группы калий-титанилфосфата  $\text{MeTiOPO}_4$  ( $\text{Me} - \text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Na}^+, \text{Cs}^+, \text{Rb}^+$ ), а также твердых растворов на их основе золь-гель методом для получения высокодисперсных порошков промышленного назначения**



# Оборудование ФИЦ КНЦ РАН 2022 года

## Обновление приборной базы в рамках национального проекта «Наука и университеты» (тыс. руб)

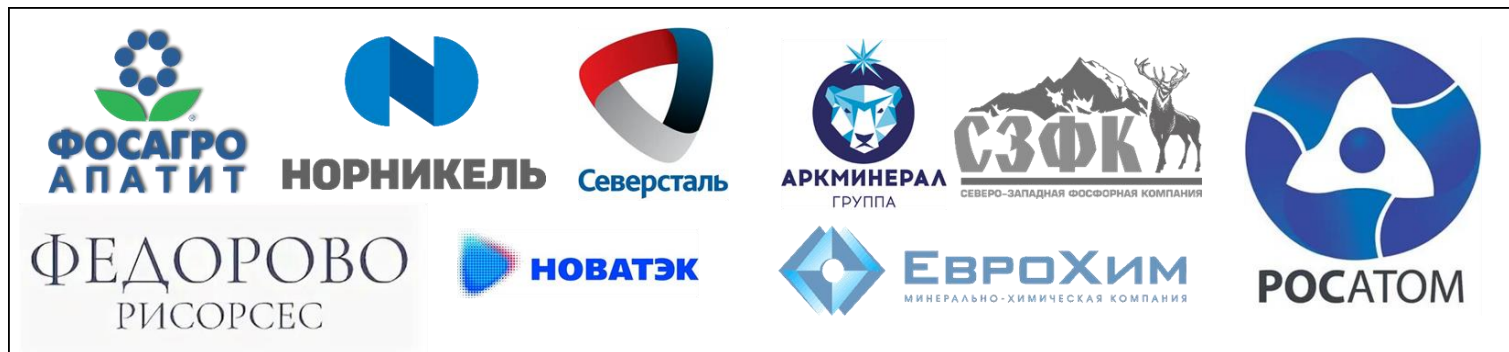
2020	70 420,80
2021	92 700,00
2022	135 800,00
2023	227 000,00
<b>Итого</b>	<b>525 920,80</b>



Атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ



Микроволновая система пробоподготовки модель Master-16

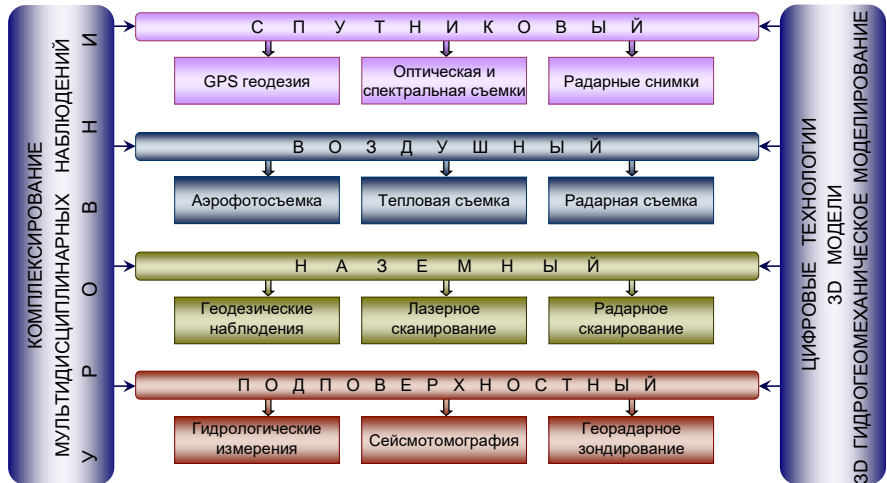
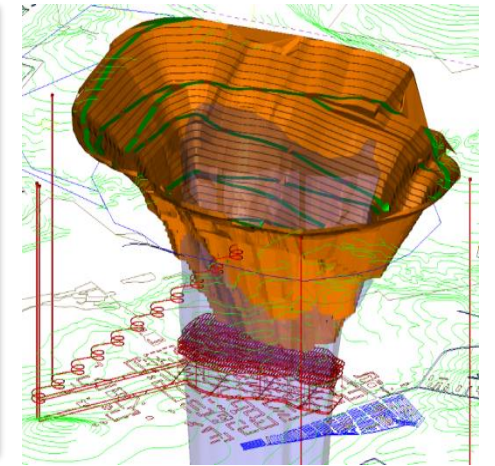
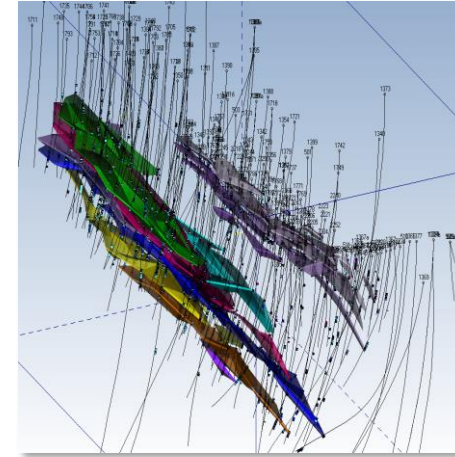


# ВНЕБЮДЖЕТ Договорные работы



# Некоторые современные примеры внедрения разработок ГоИ КНЦ РАН

Горно-геологическая информационная система  
**MINEFRAME**: комплексное решение задач  
горной технологии в едином цифровом  
пространстве предприятия.  
Внедрена на 80+ ГОК



**Многоуровневая система мониторинга  
гидротехнических сооружений**  
обеспечивает безопасную эксплуатацию  
гидротехнических сооружений. Внедрена на  
всех ГОКах Кольского п-ва

**Внедрено >70 единиц сепараторов** внедренных  
на предприятиях с экономическим эффектом  
более 300 млн. руб. в год



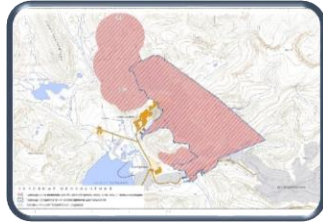


**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

# Разработки ФИЦ КНЦ РАН



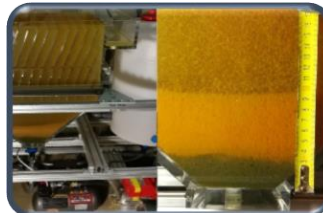
Оценка воздействия промышленных объектов на территориальные экосистемы



Анализ применяемых технологий очистки промышленных выбросов и комплексное экологическое обследование с целью разработки программ сохранения биоразнообразия



Исследование отходов и очистка сточных вод горных предприятий



Разработка технологических регламентов на проектирование сооружений очистки шахтных вод