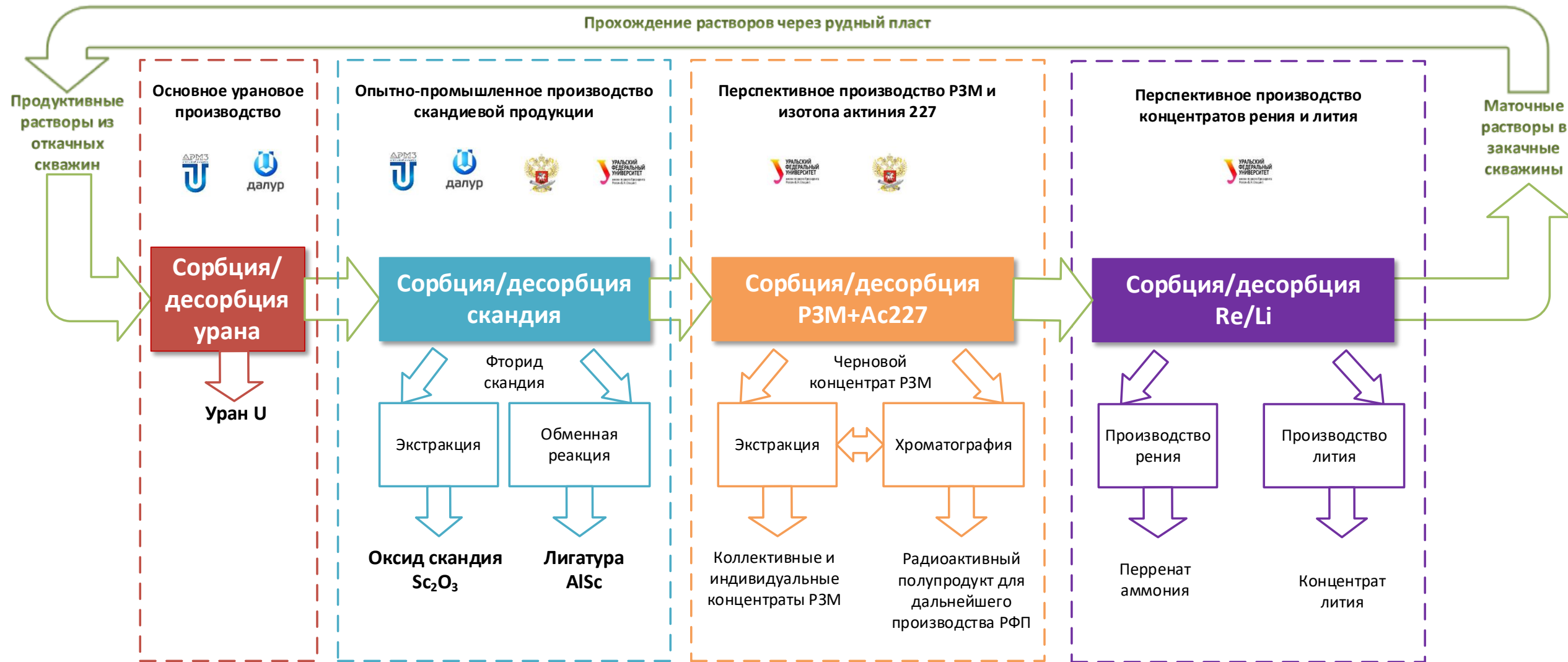




ПОПУТНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

Докладчик
Рычков Владимир Николаевич
д-р хим. наук, профессор

Концептуальная схема комплексной переработки растворов скважного подземного выщелачивания урана (на примере АО «Далур»)



Опытно-промышленное производства скандиевой продукции

Месторождения, минерально-сырьевая база Sc

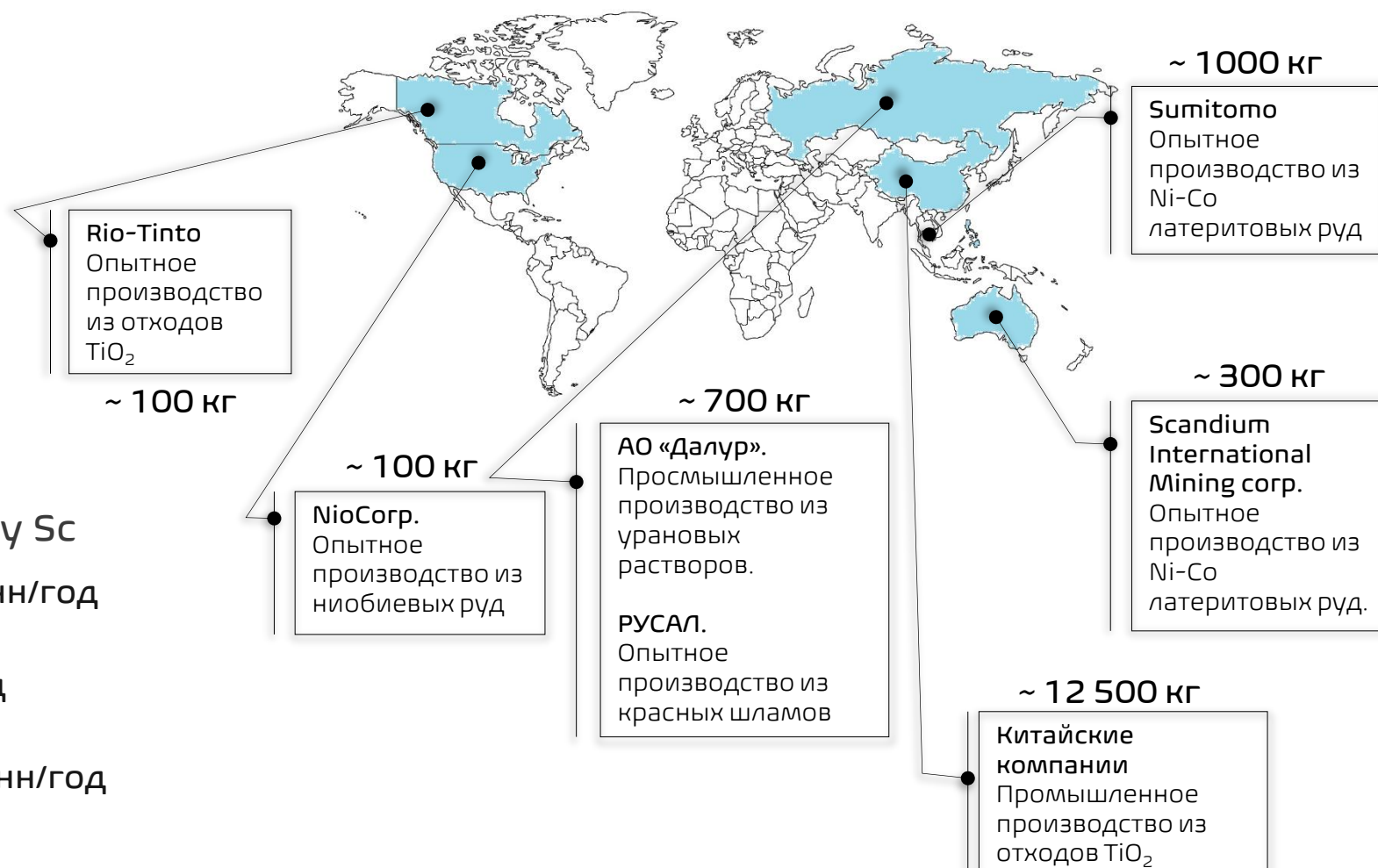
Содержание скандия в различных промышленных отходах

Тип руд	Скандий, %
Урановые	0.05-0.2
Титаномагнетитовые	0.005-0.01
Цирконовые	0.001-0.08
Никельсодержащие латериты	0.005-0.01
Красные шламы переработки бокситов	0.005-0.01
Зола углей	0.001-0.06

Перспективные проекты по производству Sc

- Переработка Ni-Co латеритовых руд ~ **180 тонн/год** (Проекты в Австралии, Филиппинах, Турции).
- Переработка красных шламов ~ **500 тонн/год** (Проекты в России и Европе).
- Отходы титановой промышленности ~ **140 тонн/год** (Проекты в России, Европе, Канаде, Индии).
- Переработка Nb-Ta руд ~ **130 тонн/год** (Проекты в России и США).

Проекты по производству скандия



Обзор источников Sc в России



Источник/ месторождение	Компания	Среднее содержание Sc_2O_3 , %	Оценочные запасы Sc_2O_3 (разведанные/ накопленные), тонн	Оценочное накопление, тонн Sc_2O_3 /год
Томтор, уч. Буранный	ООО «ТриАрк Майнинг»	0,040	11 500	-
Красные шламы	РУСАЛ	0,015	20 000,0	300,0
Хвосты обогащения ММС	ЕВРАЗ КГОК	0,015	180 000,0	6 000,0
Растворы ПВ урана	АО «Далур», АО «Хиагда»	0.4-0.8 мг/л	1 000	-
Гидролизная кислота	АФ ООО «Титановые инвестиции»	10-15 мг/л	350	15
Раствор/суспензия гидроразмыва плава хлораторов	ПАО «ВСМПО- АВИСМА»	5-10 мг/л	150	5
Сидеритовый концентрат	ООО «Бакальское рудоуправление»	0,001	5 000	-

Обзор источников Sc в России

Красный шлам



Томтор



Хвосты ММС



Перевод Sc в раствор

Концентрирование Sc

Экстракционная очистка

Получение Sc_2O_3

Раствор ПВ урана



Концентрирование Sc

Экстракционная очистка

Получение Sc_2O_3

Гидролизная
кислота



Раствор плава
хлораторов



Экстракционная очистка

Получение Sc_2O_3

Извлечение скандия из ПВ урана



Химсостав ScF_3 , получаемого на АО «Далур»

	Массовая доля, %
Фторид скандия	95,0-98,0
Примеси, в т.ч.	2,0-4,0
Фторид натрия	1,0-3,0
Оксид кремния	0,5-2,0
Оксиды редкоземельных металлов	0,02-0,07
Оксид тория	0,005-0,008
Прочие	0,070

Химсостав Sc_2O_3 , получаемого на АО «Далур»

	Массовая доля, %
Оксид скандия	99,9
Примеси, в т.ч.	0,1
Оксид железа	0,005
Оксид меди	0,005
Оксиды редкоземельных металлов	0,010
Оксид циркония	0,005
Оксид титана	0,005
Прочие	0,070



НИОКР

попутное извлечение РЗЭ из растворов ПВ урана

Извлечение РЗЭ из ПВ урана

Предприятия АО «Росатом Недра»



АО «Далур»

Курганская область.

25-30 мг РЗЭ/л

~ 180* тонн РЗО/год

~ 35 тонн оксидов Рг-Nd /год

~ 3,5 тонн оксидов Tb-Dy /год

АО «Хиагда»

Республика Бурятия.

30-60 мг РЗЭ/л

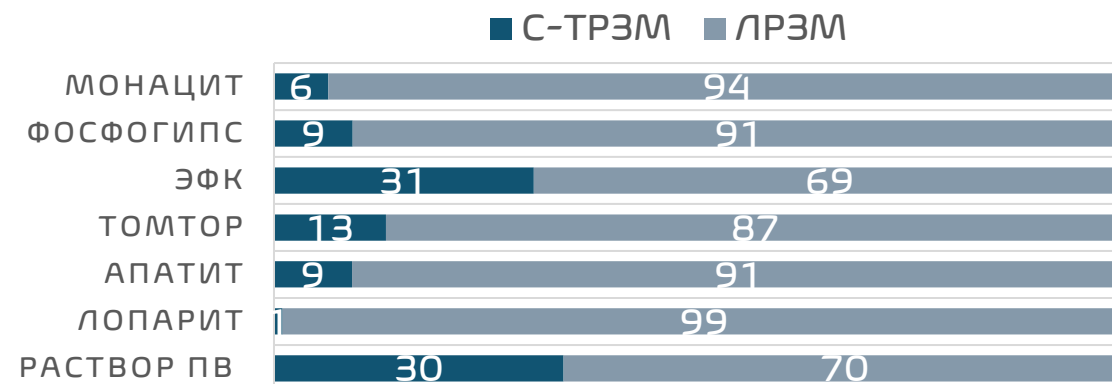
~ 350* тонн РЗО/год

~ 70 тонн оксидов Рг-Nd /год

~ 7 тонн оксидов Tb-Dy /год

**Представлен оценочный объем добычи РЗМ из расчета средних концентраций в ПР. Расчет не учитывает запасов РЗЭ в месторождениях и динамики изменения концентрации РЗМ в возвратных растворах при их попутном извлечении*

Сравнение соотношения легких и тяжелых РЗЭ в рудных источниках

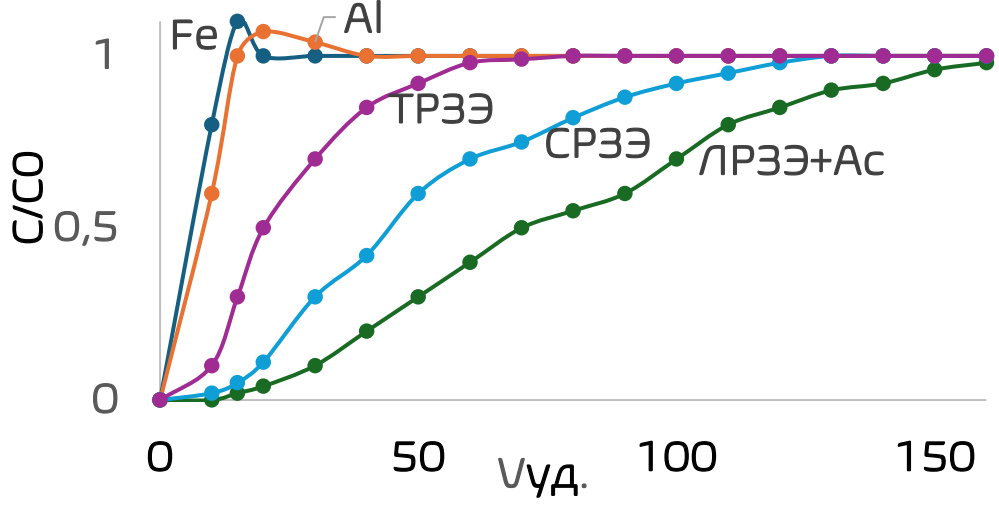


Планируемые к вводу/вводимые в эксплуатацию объекты, содержащие РЗМ

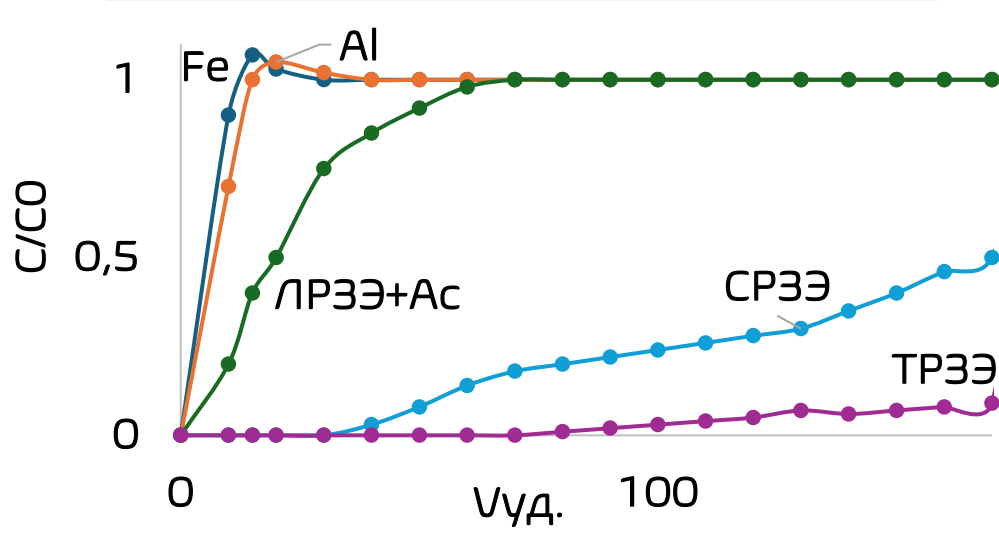
Месторождение	Томторское месторождение	Африкандское месторождение	Зашихинское месторождение
Расположение	Республика Саха	Мурманская область	Иркутская область
Годовая производственная мощность РЗМ	2.4 тыс. т. TREO (концентрат)	3.8 тыс. т. TREO (концентрат)	230 т. концентратов РЗМ
Требуемые инвестиции	53 млрд руб.	17,9 млрд руб.	27,6 млрд руб.

Извлечение РЗЭ из ПВ урана

СОРБЦИЯ НА КАТИОНИТЕ



Сорбция на импрегнированном сорбенте



НИОКР по попутному извлечению коллективного концентрата РЗМ и Ас-227

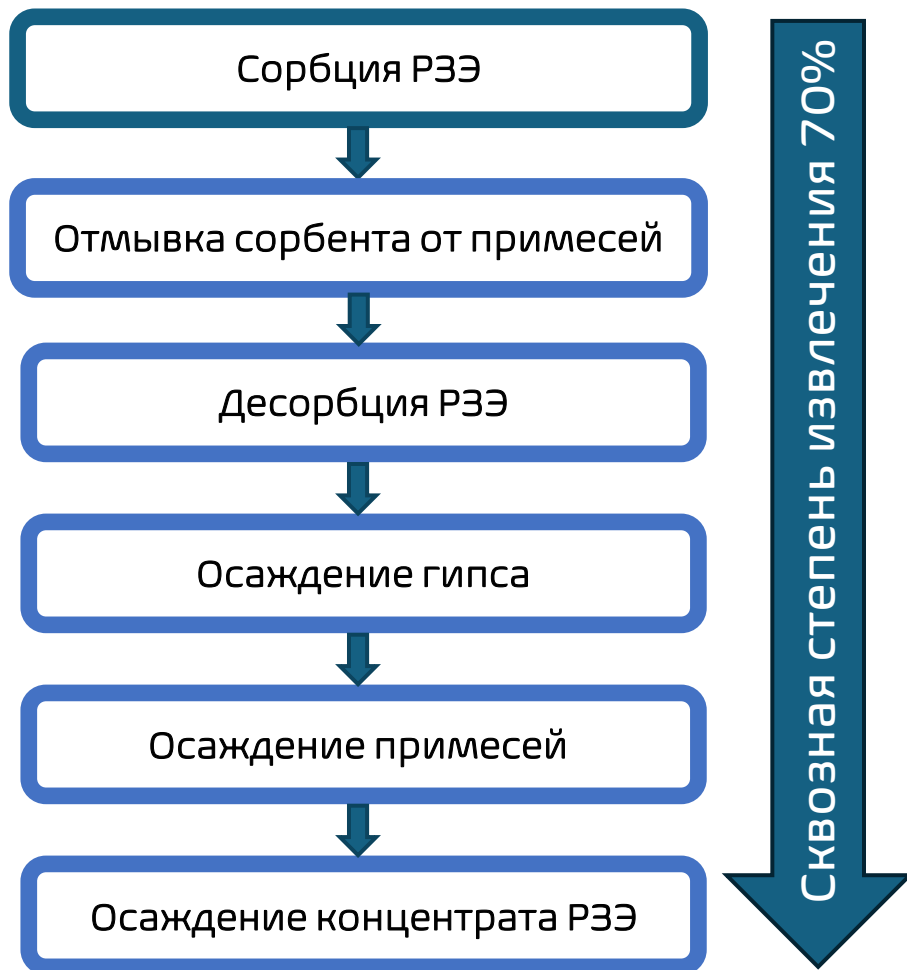
• ЗАКАЗЧИК	АРМЗ-АО «ХИАГДА»
• ИСПОЛНИТЕЛЬ	УрФУ
• РЕЗУЛЬТАТ	1) Технология получения коллективного концентрата РЗЭ; 2) Технология получения оксидов: CeO_2 , Nd_2O_3 , Pr_6O_{11} , концентрат среднетяжелой группы (Sm-Lu) и концентрата Ас-227

НИОКР по извлечению С-Т РЗМ из различных технологических объектов

• ЗАКАЗЧИК	АРМЗ-АО «ДАЛУР»
• ИСПОЛНИТЕЛЬ	УрФУ, ВНИПИПТ, ВНИИХТ
• РЕЗУЛЬТАТ	Технология избирательного выделения среднетяжёлой группы РЗМ из технологических растворов переработки урановых руд

Извлечение РЗЭ из ПВ урана

Схема получения ЧКРЗЭ



Испытания на опытной установке АО «Хиагда», месторождение Вершинное



Состав возвратных растворов поступающих на испытания

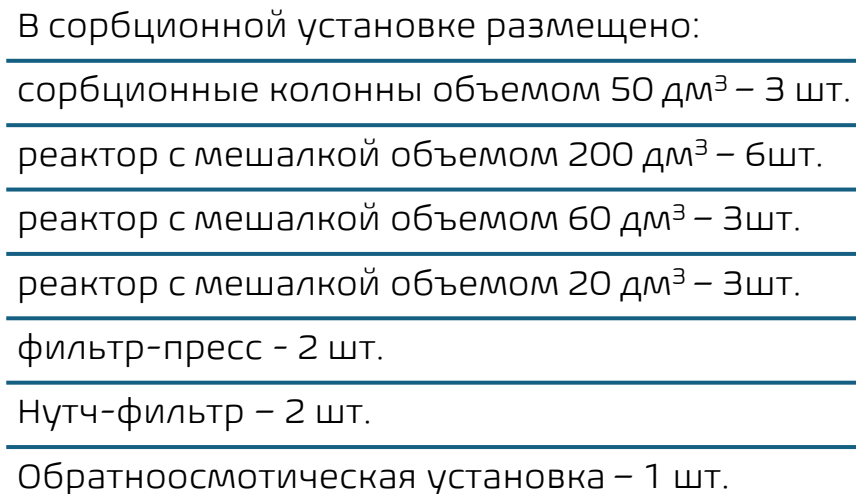
	U	Al	Fe	Y	ЛРЗЭ	СТРЗЭ	Σ РЗЭ+Y
АО «Хиагда», мг/л	0,5	1850	950	6,8	26,7	6,5	40
АО «Далур», мг/л	0,5	1640	1640	5,2	20,2	5,5	31

За время испытаний на двух площадках наработано более 30 кг концентрата карбонатов РЗМ

Мобильная установка извлечения РЗЭ

- Площадь 36 м²;
- Возможность эксплуатации при температуре от $\pm 30^{\circ}\text{C}$;
- Конструкция здания рассчитана на транспортные нагрузки при транспортировании автомобильным и ж/д транспортом.





Мобильная установка извлечения РЗЭ



Мобильный участок для извлечения урана и РЗЭ

Мобильный участок

- Срок монтажа 3-4 недели (без учета ПНР и подведения инженерных коммуникаций).
- Время передислокации зависит от расстояния, в среднем в два раза больше времени на монтаж и ПНР. Ориентировочно 2 месяца.
- Тепловая нагрузка на отопление помещения размером 13,2 × 25,6 × 6,2 м в районе АО «Хиагда» составляет 32 кВт, а для подогрева воздуха при трехкратном воздухообмене требуется 63 кВт.
- Степень огнестойкости EI-120



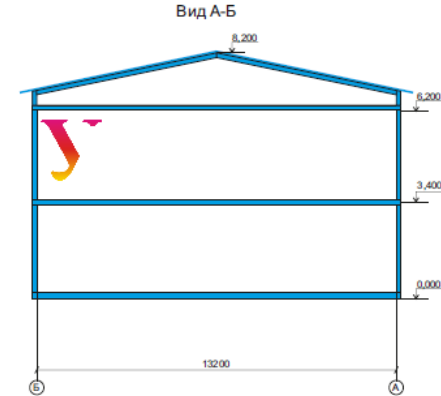
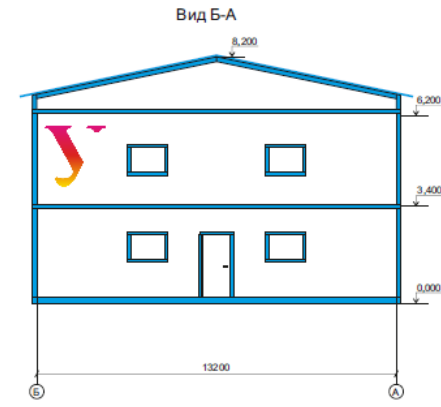
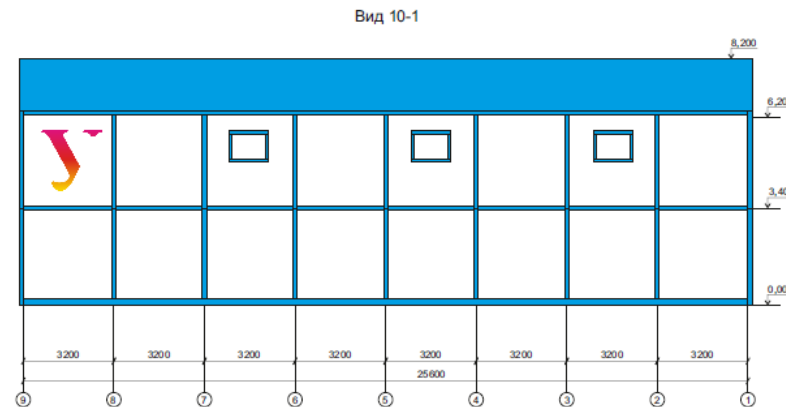
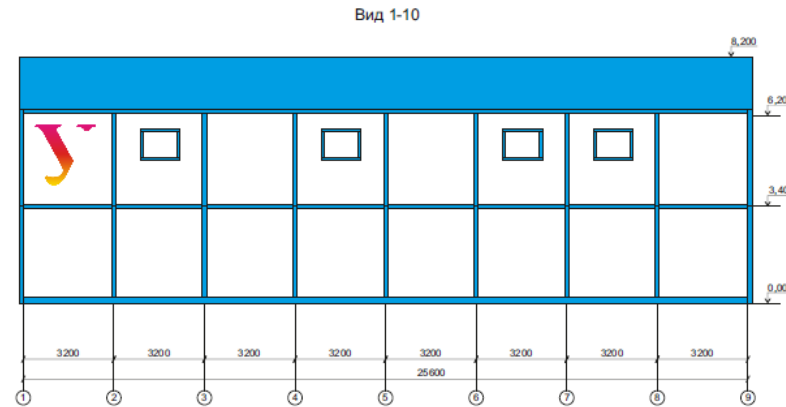
- Площадь модульного здания не имеет ограничений и может масштабироваться по необходимости, при этом максимальная высота составляет 6,2 м.
- Комплекс можно передислоцировать не менее 10 раз за срок его эксплуатации

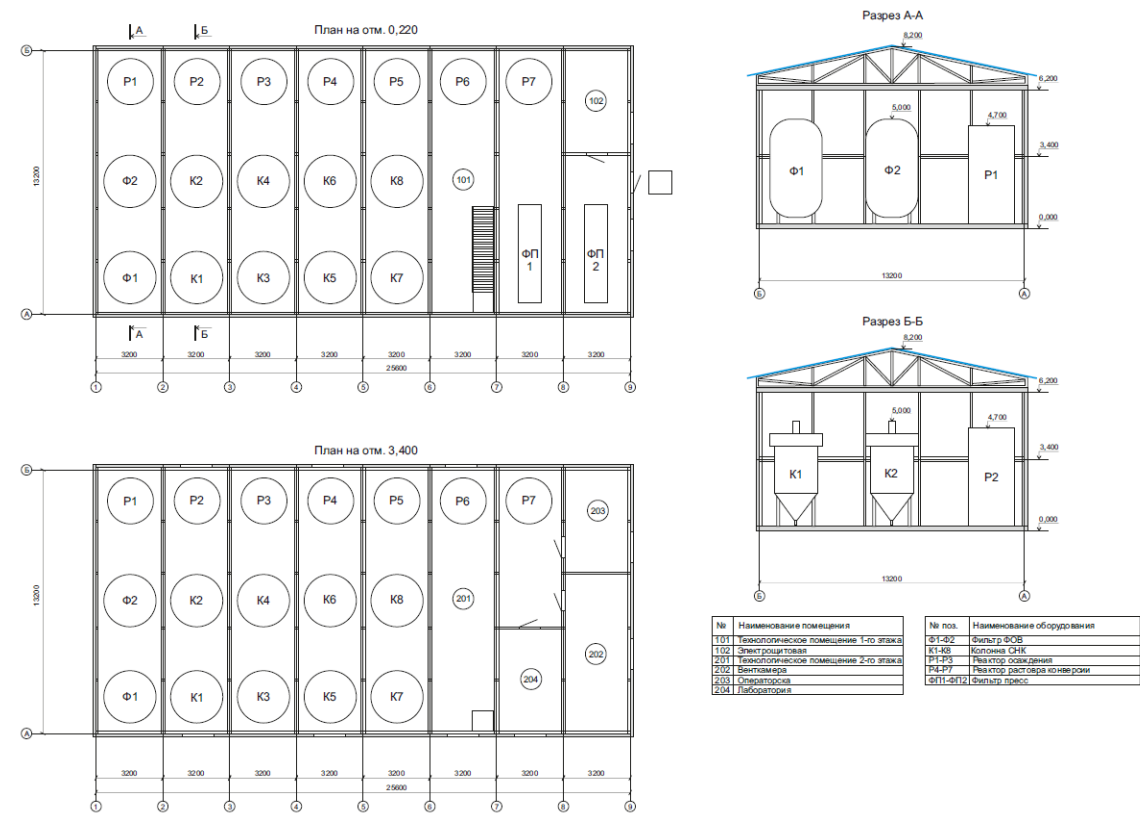
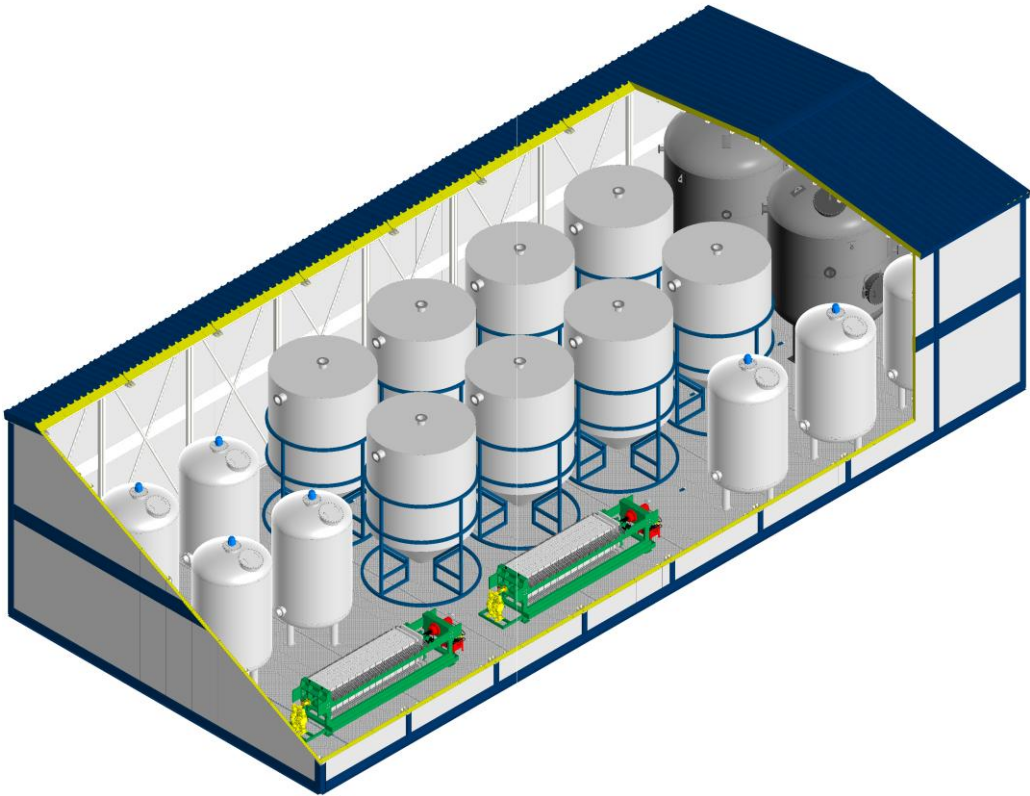


Внешний вид мобильного участка 13,2 × 25,6 × 6,2 м

В данном комплексе можно разместить:

- сорбционные колонны объемом 20 м^3 – 8 шт.
- Реактор с мешалкой объемом 10 м^3 – 7 шт.
- Фильтр предварительный ФОВ – ЗК производительностью $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 2 шт.
- Фильтр-пресс площадью 40 м^2 – 2 шт.



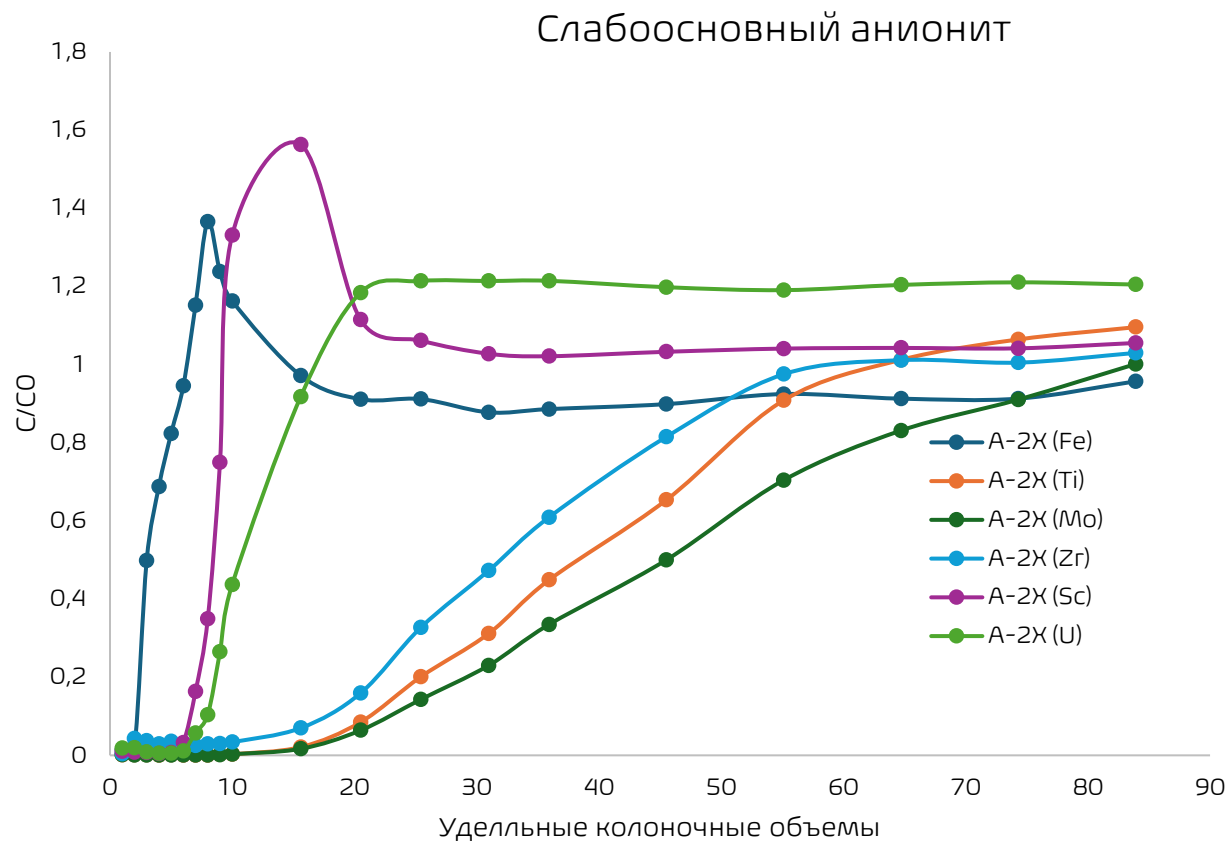
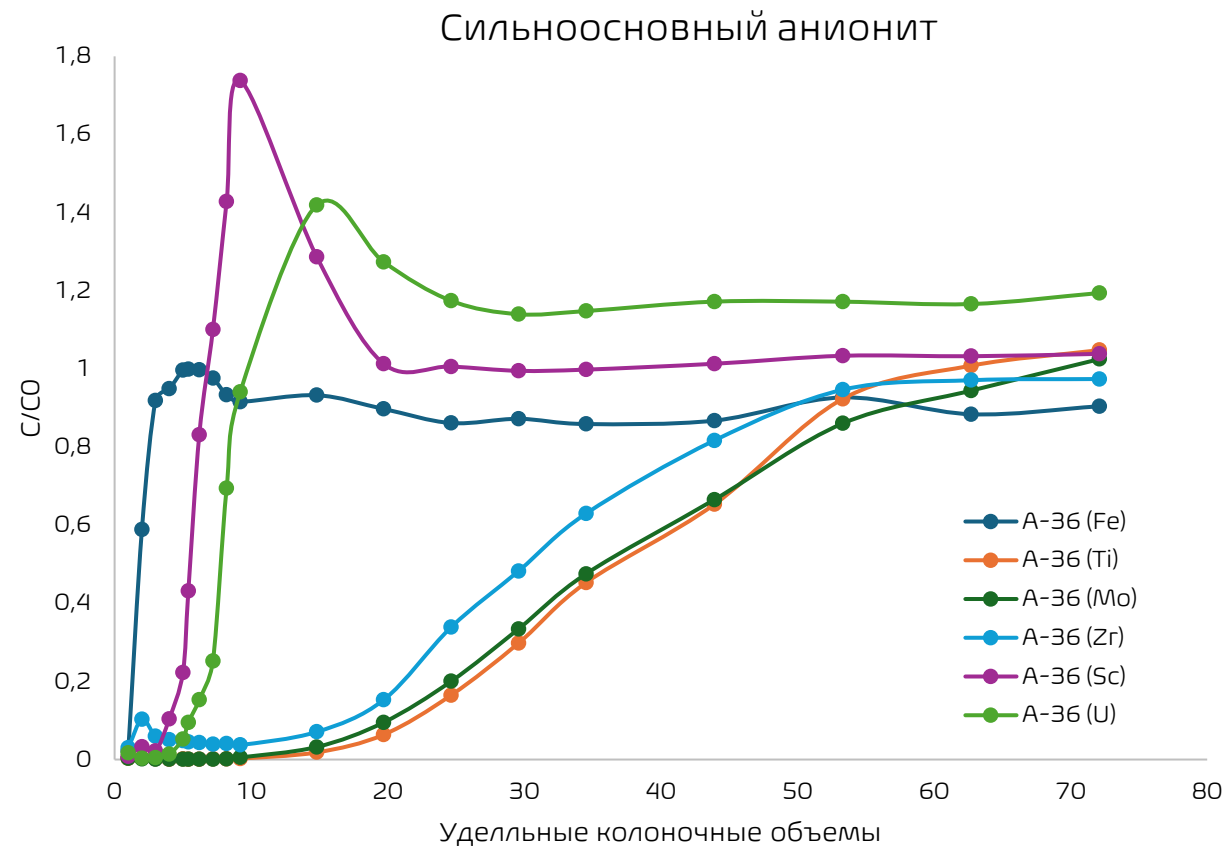


Разрезы и внешний вид мобильного участка

НИИР

попутное извлечение РМ из растворов ПВ урана

Извлечение Zr, Mo, Ti из оборотных растворов десорбции скандия



В лабораторных условиях показана возможность концентрирования и дальнейшего извлечения титана, циркония и молибдена из оборотных растворов десорбции скандия при использовании сильноосновных и слабоосновных анионитов.

Извлечение рения



Керн урановой руды месторождения
Добровольное:

- Глубина залегания руды – 530-535 м
- Содержание Re – $0,21 \cdot 10^{-4}$ масс.%

Перколяционное
выщелачивание из керна

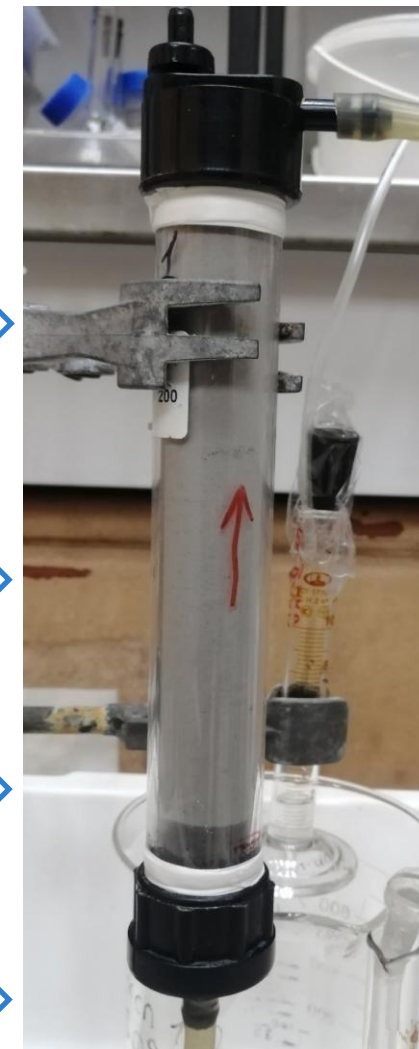
К
е
р
н



Растворы серной кислоты
5-20 г/л

Подача ВР – 6 мл/сут

$Eh(ВР) = 350-380$ мВ



Извлечение рения

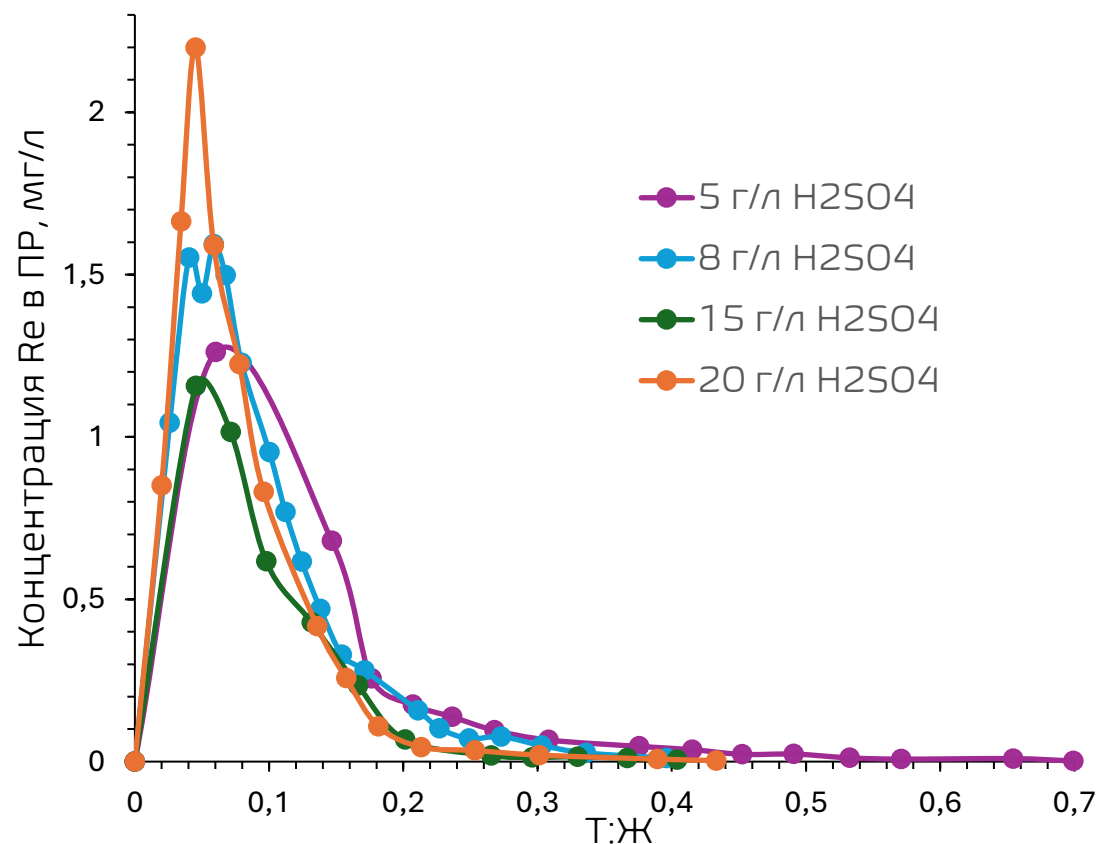


График зависимости концентрации Re в продуктивных растворах от фазового соотношения $T:Ж$

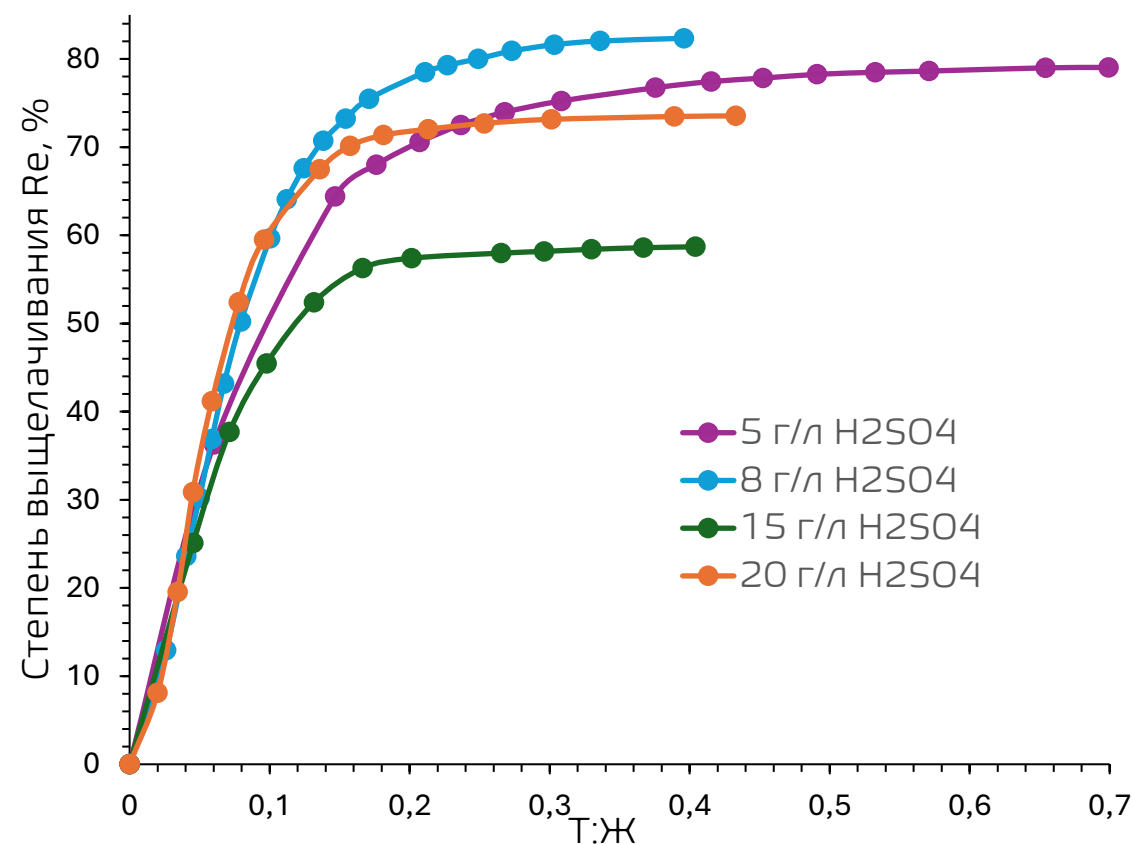
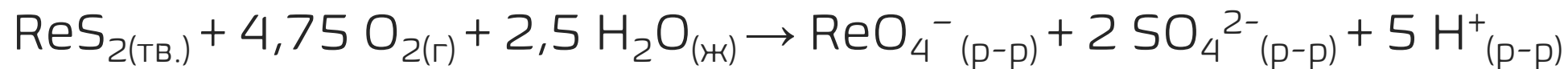


График зависимости степени выщелачивания Re от фазового соотношения $T:Ж$

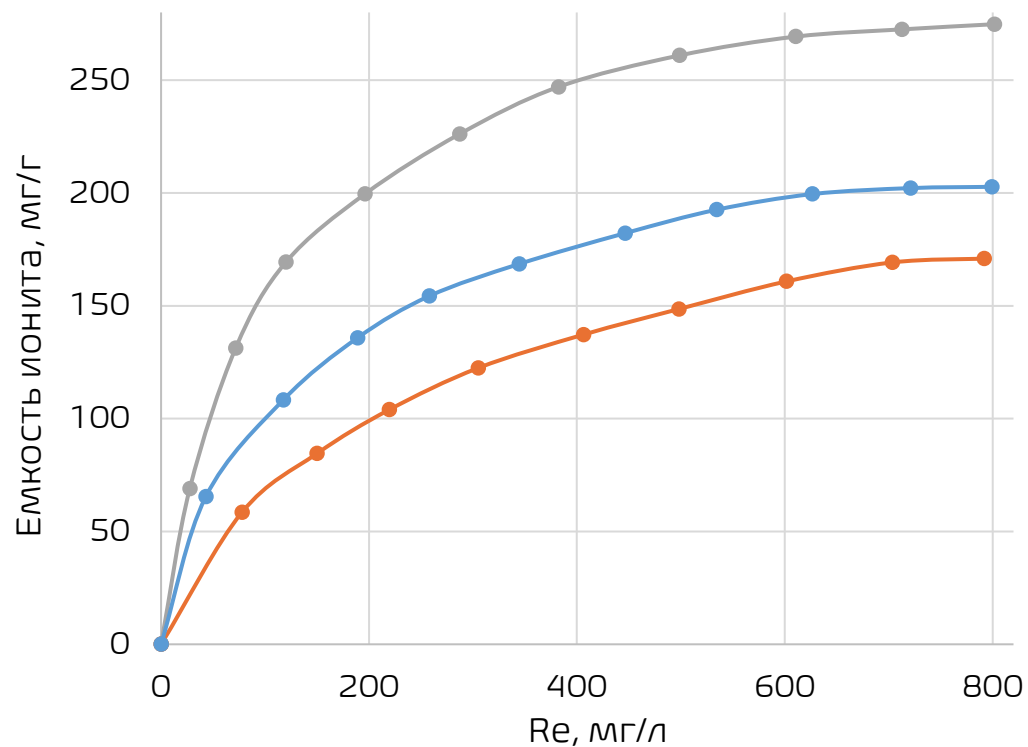
Результаты выщелачивания рения

Концентрация серной кислоты в ВР, г/л	Максимальная концентрация Re в ПР, мг/л	Степень выщелачивания Re, %	Т:Ж
5	1,26	79,04	0,70
10	1,59	82,34	0,40
15	1,15	58,69	0,40
20	2,19	73,54	0,43

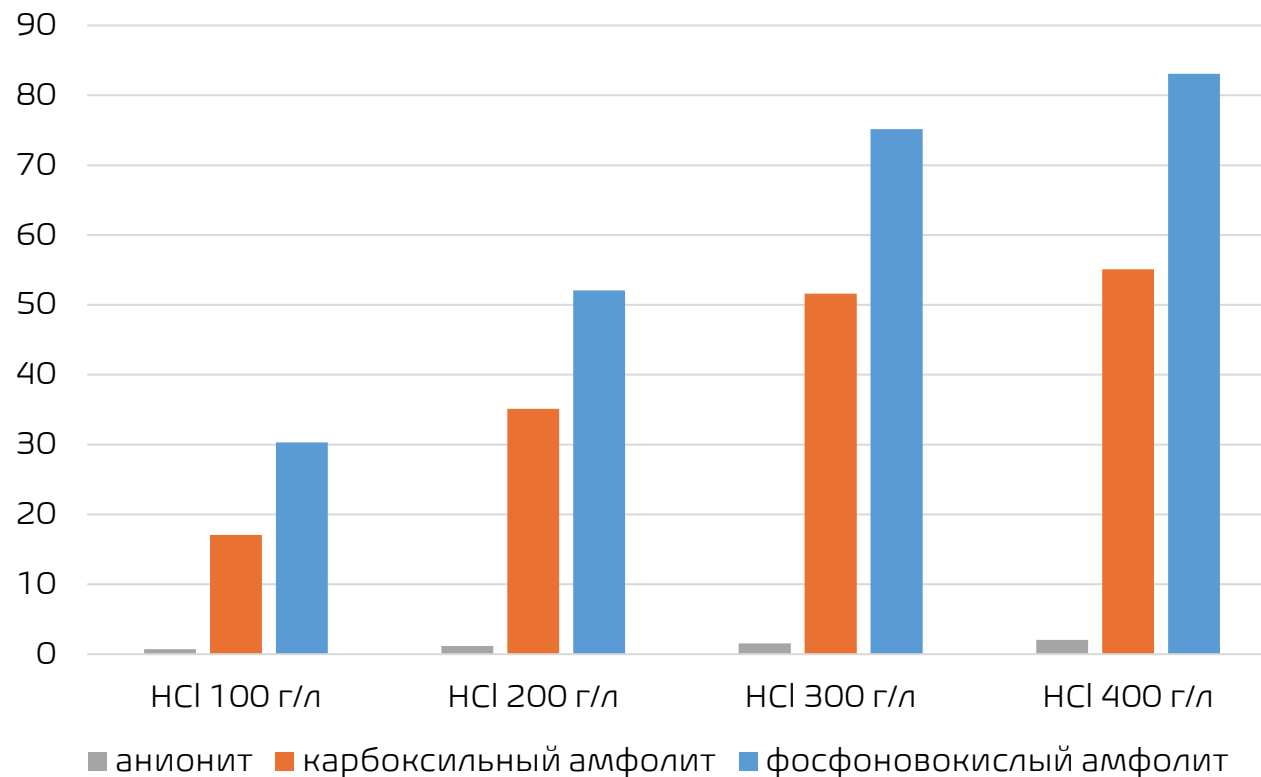
Исследование сорбции Re из растворов ПВ урана



Изотермы сорбции рения

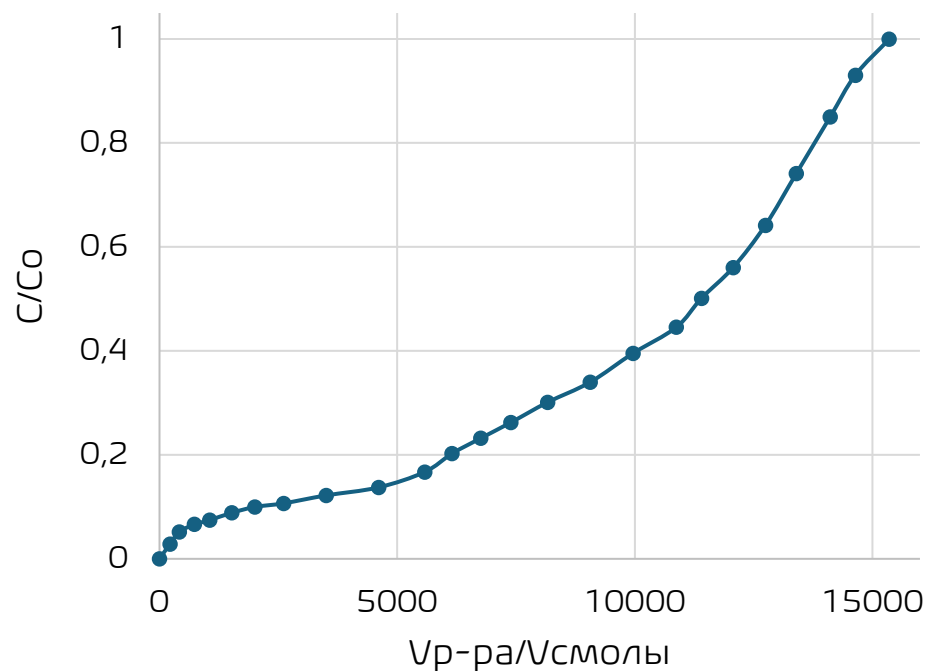


Степень извлечения рения в элюат, %

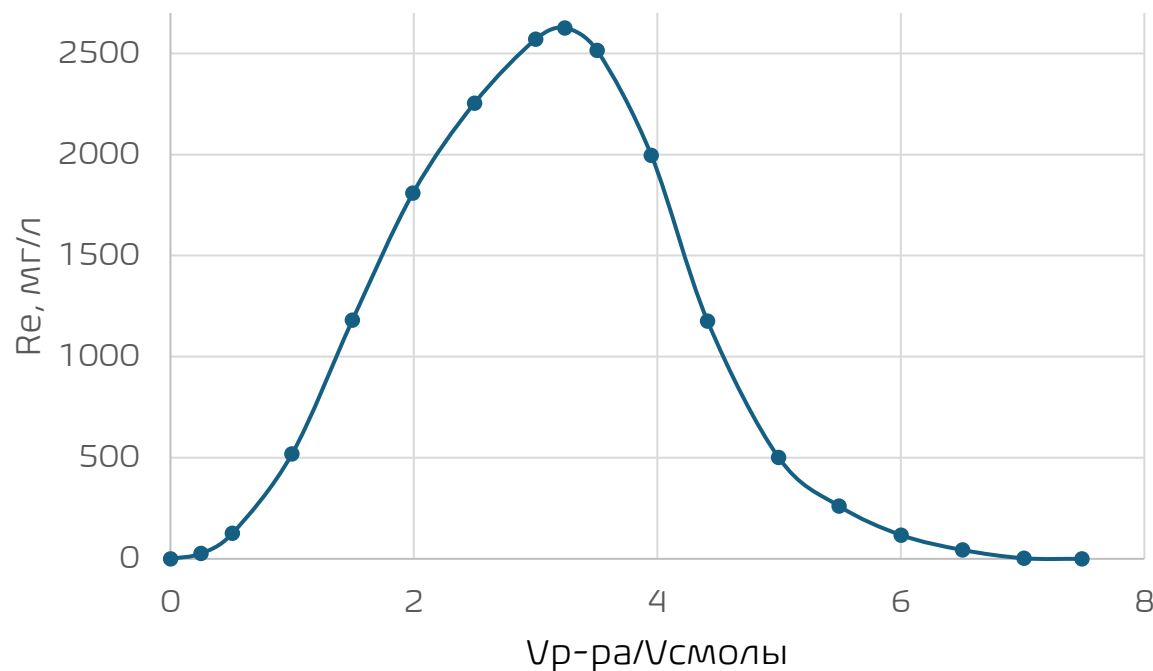


Исследование сорбции Re из растворов ПВ урана

Выходная кривая сорбции Re



Выходная кривая десорбции Re



Содержание Re
в насыщенном
ионите, мг/г

30.13

Концентрация Re
в десорбате,
г/дм³

1.6

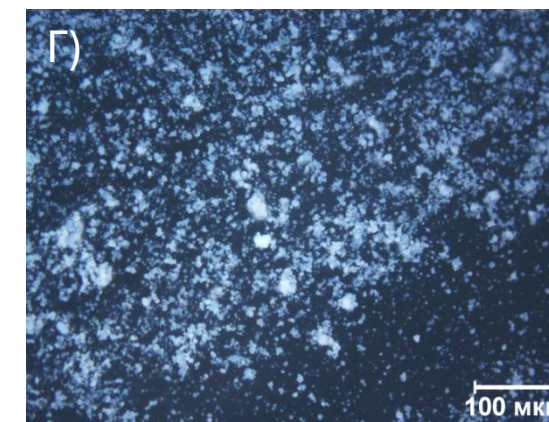
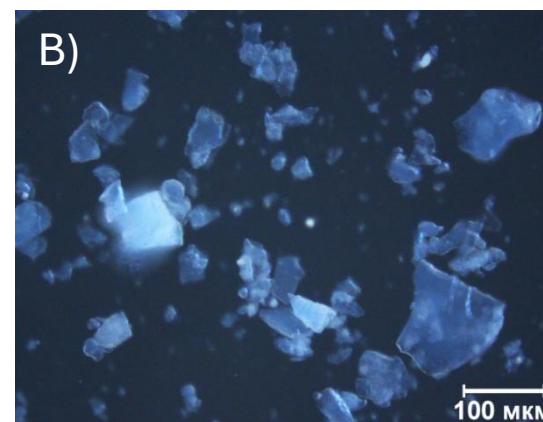
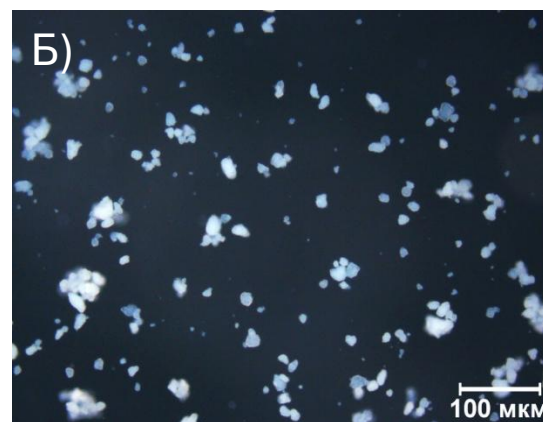
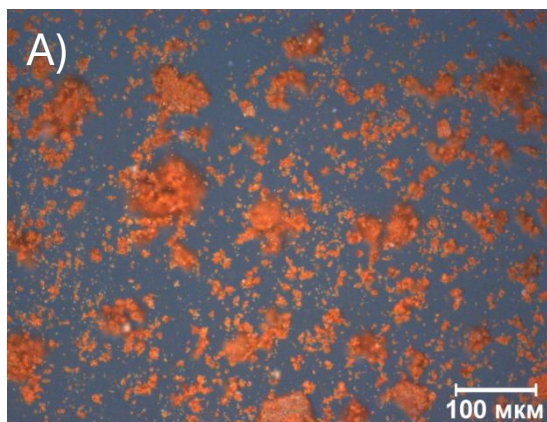
Степень
десорбции, %

74

Методы синтеза и характеристики сорбентов

Прекурсор сорбента	Источники	Подготовка	Емкость, Li мг/г*
$\text{LiMg}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; LiOH ; H_2O_2	КДО с последующей пропиткой, прокалка	20,3
Li_2TiO_3	TiOCl_2 ; NH_4OH ; LiNO_3		10,2
LiAlO_2	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; NH_4OH ; LiNO_3		15,8
Li_2ZrO_3	$\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$; NH_4OH ; LiNO_3		9,0

Оптические фотографии частиц частиц: А - $\text{LiMg}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$; Б - Li_2TiO_3 ; В - LiAlO_2 ; Г - Li_2ZrO_3



Спасибо за внимание!