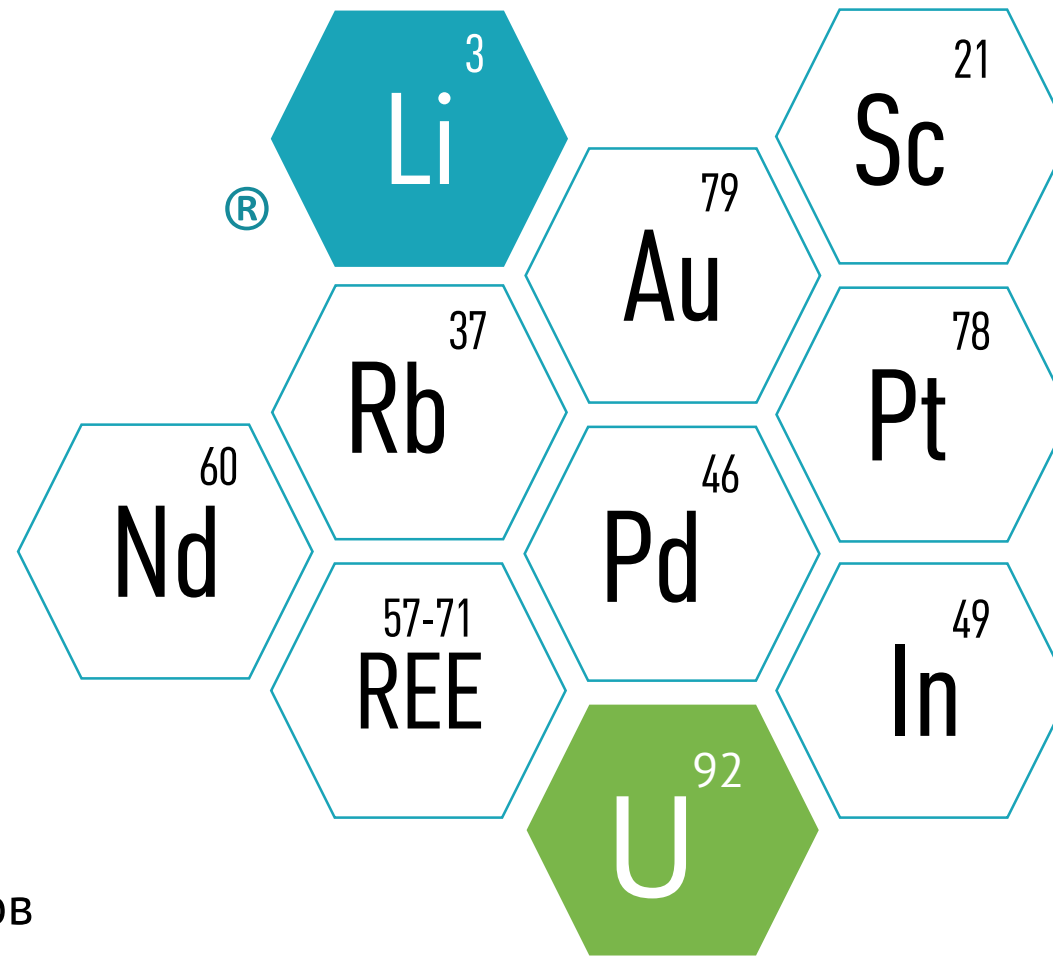




Органические сорбенты для извлечения урана и сопутствующих элементов

Опыт внедрения и возникшие проблемы

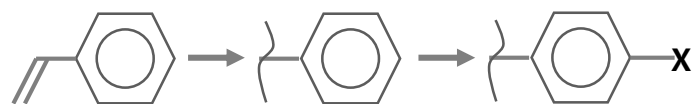
Владимир Смоленцев, Дмитрий Кондруцкий,
Константин Чудов, Антон Диденко, Алексей Крамчанинов



Сильноосновные аниониты для извлечения урана

Более 55% урана в мире добывается по технологии подземного выщелачивания

Источник: World Nuclear Association, 2024



Стирол-дивинилбензольные матрицы

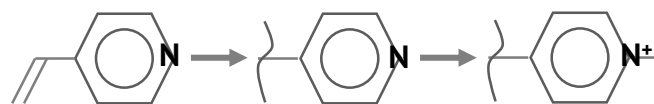


- крупнотоннажное производство
- низкая цена
- доступность исходных мономеров



низкая емкость по урану при низких концентрациях в ПР

АМ, АМП, Puromet, Bestion, Ambersep



Винилпиридин-дивинилбензольные матрицы



высокая емкость по урану

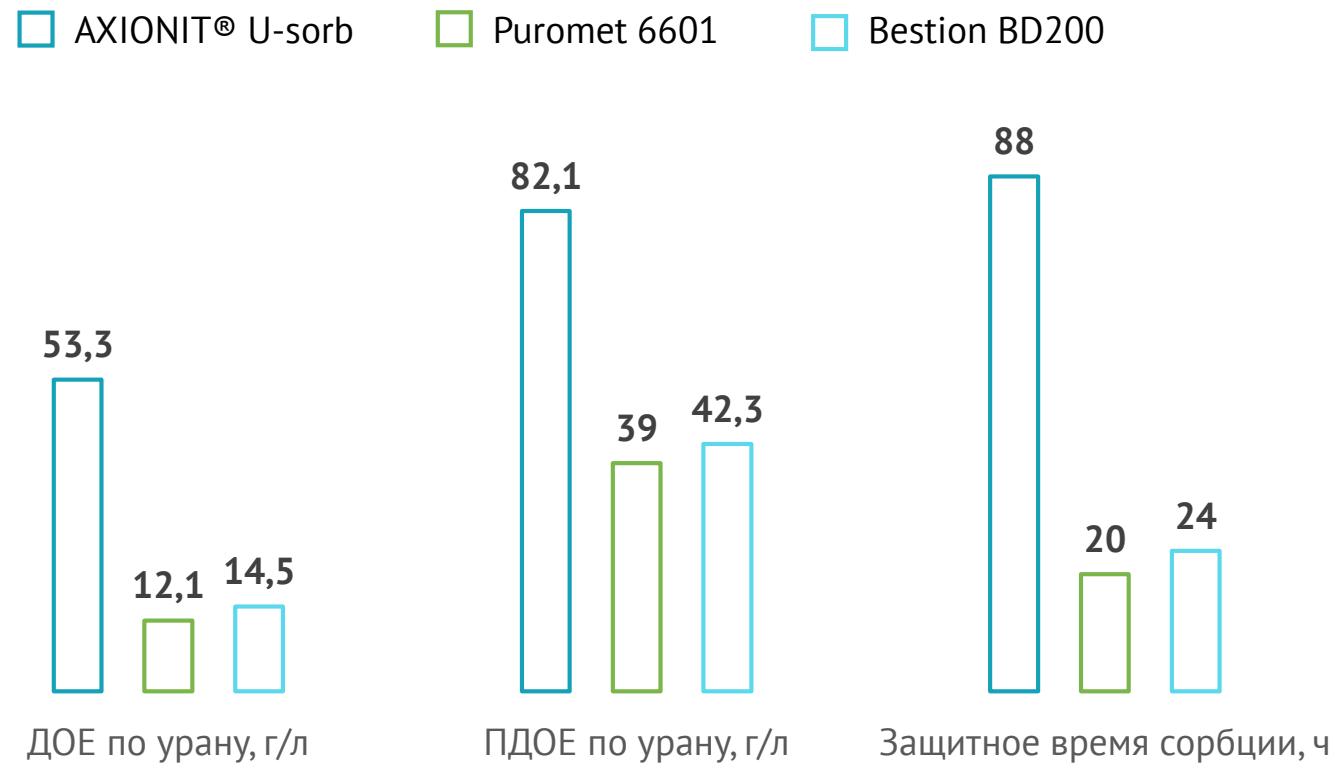


- высокая цена
- сложность с получением мономеров
- необходимость освоения товарного производства

ВП1-Ап, ВП3-Ап, Reilex HPQ, Axionit U-Sorb

Эффективность сорбента AXIONIT® U-sorb

Сорбент с высокой емкостью по урану. Позволяет извлекать уран из растворов сернокислого выщелачивания ураносодержащих руд эффективнее аналогов*

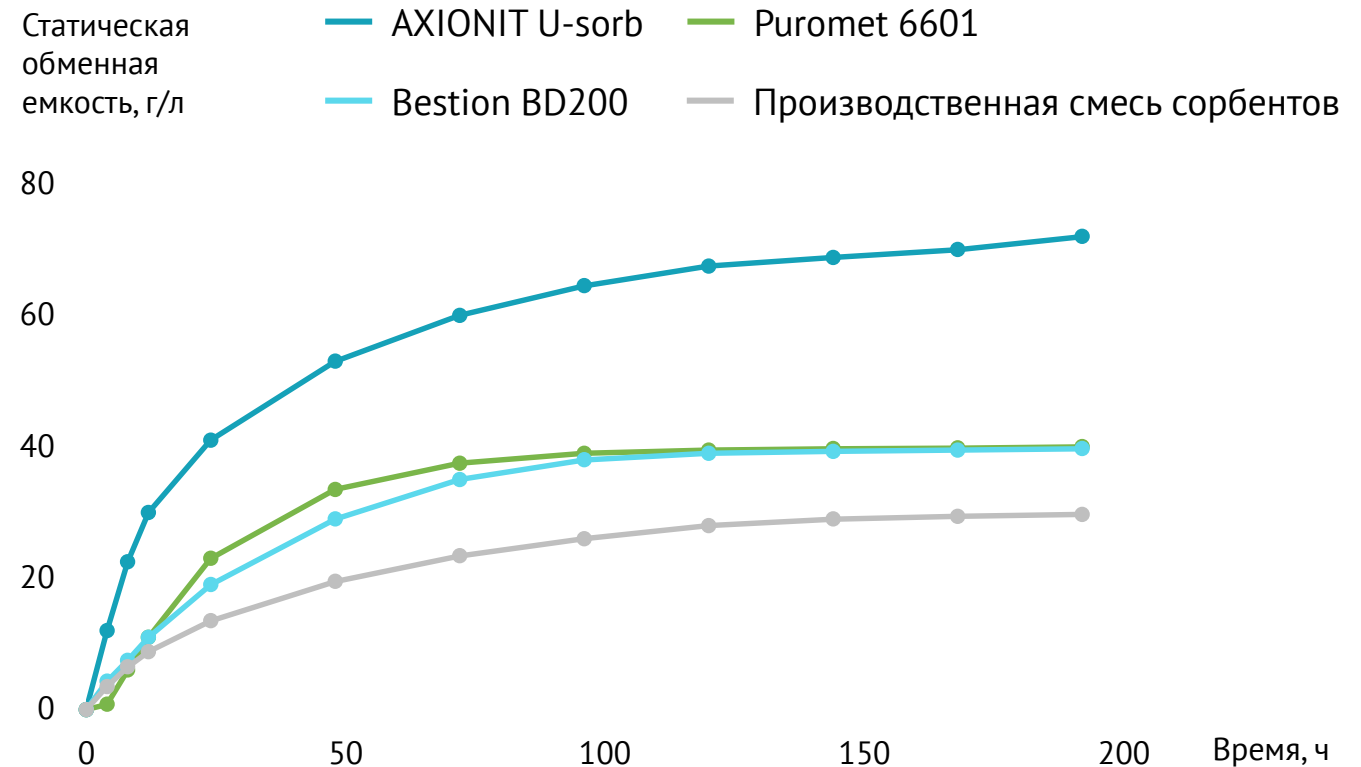


Эффективность AXIONIT® U-sorb

Анализ результатов на промышленном объекте показывает значительные преимущества в кинетике насыщения ураном у сорбента AXIONIT® U-sorb относительно конкурентов

72 г/л насыщение ураном*

AXIONIT



*Сорбция урана из сернокислых растворов гелевым анионитом с пирилиновыми группами // Труды Пятого Международного симпозиума «Уран: геология, ресурсы, производство», 2021

Экономическая эффективность AXIONIT® U-sorb

Использование смолы AXIONIT® позволит снизить расходные нормы реагентов при сорбционном извлечении урана*

↓
3,6
раза
серная кислота

↓
1,93
раза
углеаммонийная соль

↓
1,56
раза
аммиачная селитра

↓
3
раза
сорбент

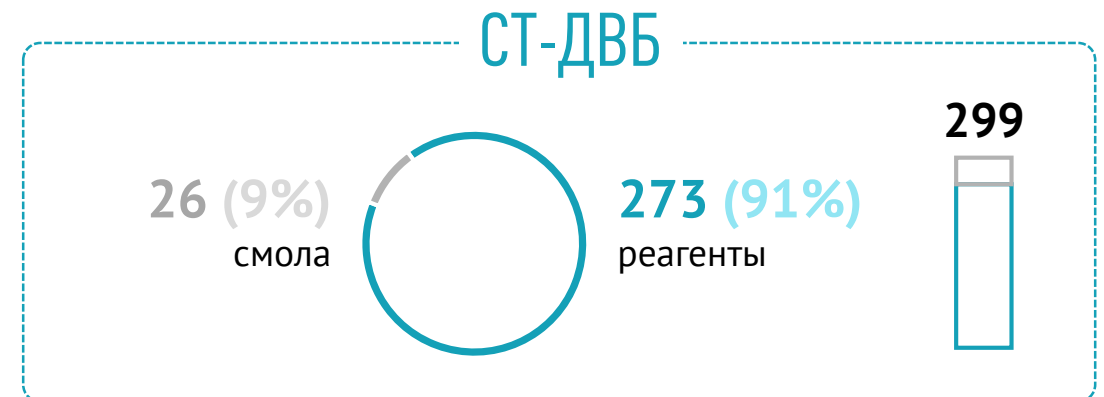
Даже при нулевой цене
смолы-конкурента
использование U-Sorb
экономически эффективно

Операционные затраты
на реагенты при использовании
смол-конкурентов выше
стоимости «владения сорбентом»
U-Sorb.

Приведены усредненные данные
для стирол-дивинилбензольных
смол.

AXIONIT

Стоимость «владения сорбентом», тыс. Р / т урана

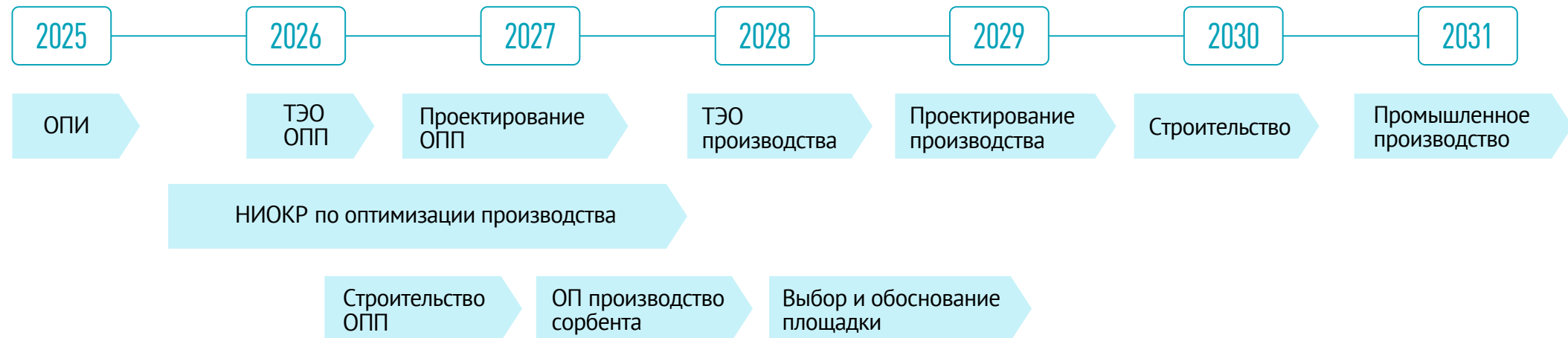


*оценка сделана для ПР с концентрацией урана 30 мг/л

Основные вызовы внедрения AXIONIT® U-Sorb

- Базис экономических расчетов – операционная эффективность, а не цена сорбента
- Greenfield - расчеты показывают максимальную эффективность полной замены сорбента, что малореально в условиях действующего производства
- Партнерство в продвижении и программа внедрения – для оптимизации себестоимости сорбента необходима локализация производства мономеров и стабильная загрузка производственных мощностей

Пример план-графика освоения производства сорбентов



Входной контроль: текущая ситуация и предложения по улучшению

Проверку механической прочности сорбента проводят по
ОСТ 95.291-86 п. 3.9



- испытательное оборудование не аттестовано
- большое количество ручных операций
- отсутствуют первичные эталоны и поверочные схемы
- отсутствуют стандартные образцы

Результаты измерений зависят от конструкции оборудования, квалификации сотрудников и других переменных

Возможные решения проблемы

- переход на существующую методику, например, ГОСТ 21560.2-82, ASTM D 4179 или ASTM D 6175
- разработка новой методики на основе действующих



Входной контроль сорбентов. Механическая прочность

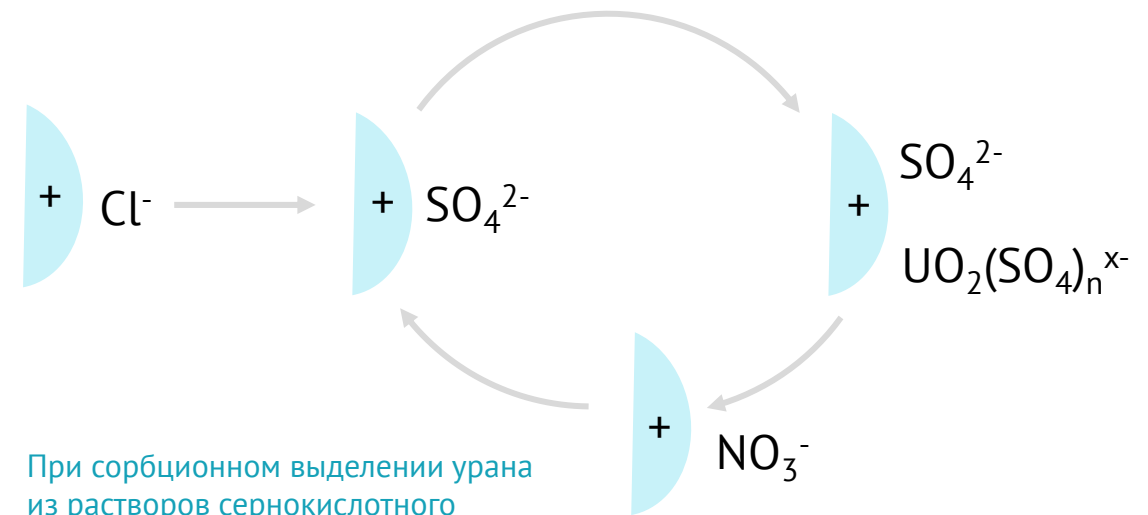
Механическая прочность анионита зависит от энергии гидратации противоиона

$$(E_{\text{гидр}}(\text{Cl}^-) < (E_{\text{гидр}}(\text{SO}_4^{2-}))^*$$

В рабочем цикле сернокислотного выщелачивания сорбент переходит из сульфатной в нитратную форму

Форма поставки анионитов на стирол-дивинилбензольной матрице – хлоридная, анионитов на пиридиновой матрице – сульфатная

Переходы ионных форм сорбента в рабочем цикле сернокислотного ПВ



При сорбционном выделении урана из растворов сернокислотного подземного выщелачивания сорбент проходит стадии сорбции – донасыщения – десорбции – денитрации

Входной контроль сорбентов. Механическая прочность

Результаты испытаний на механическую прочность сульфатных и хлоридных форм сорбентов по ОСТ 95.291-86 п.3.9, (%)

SO ₄ ²⁻ -форма	Cl-форма
93	97
90	98
87	95
70	82
48	81
96	100

Сравнение методик входного контроля механической прочности сорбента Росатома и Казатомпрома

Росатом, мехпрочность ОСТ 95.291-86

Длительность испытаний – 6 часов
Ионная форма – форма поставки

Казатомпром, мехпрочность
МВИ 527-1910-02-ТОО-005-2022

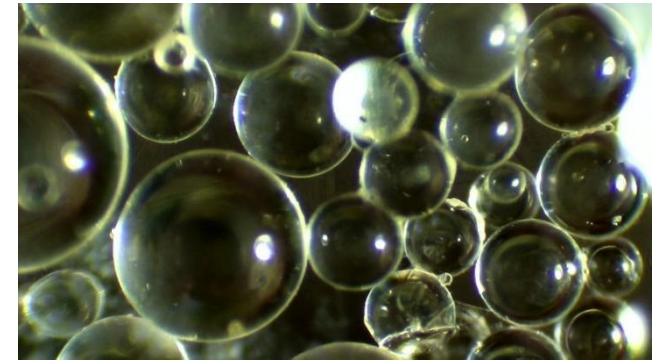
Длительность испытаний – 1 час
Ионная форма – форма поставки

Казатомпром, химстойкость
МВИ 527-1910-02-ТОО-005-2022

Длительность испытаний – 1 час
Ионная форма – сульфатная

Предложения по развитию метрологического обеспечения сорбционных технологий

- создать минимально необходимое метрологическое обеспечение для испытаний сорбентов на механическую прочность: стандартные образцы, технические условия на оборудование, методики его аттестации или описание типа средства измерения
- проводить входной контроль сорбента на рабочей ионной форме (сульфатной или нитратной)



Опыт: сорбционные технологии извлечения для уранодобывающей промышленности



Эксплуатируется на АО «Далур»



Проведены ОПИ на промышленных продуктивных растворах месторождений Вершинное и Хиагдинское



Стадия лабораторной разработки (совместно с научной группой проф. Трошкиной И. Д., РХТУ им. Д. И. Менделеева)

AXIONIT

Редкие металлы



Редкоземельные металлы



Драгоценные металлы



Неметаллы



Рады сотрудничеству

Владимир Смоленцев
к.х.н., руководитель проектов

v.smolentsev@krastsvetmet.ru
+7 903 100 2971

АО «Аксион – Редкие и Драгоценные Металлы»
141551, Московская область, г. о. Солнечногорск,
рп Андреевка, лаб. корпус 4
info@axion-rnm.com
www.axion-rnm.com

AXIONIT

