



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Технологический комплекс мобильной сорбционной установки для извлечения урана из продуктивных растворов СПВ.

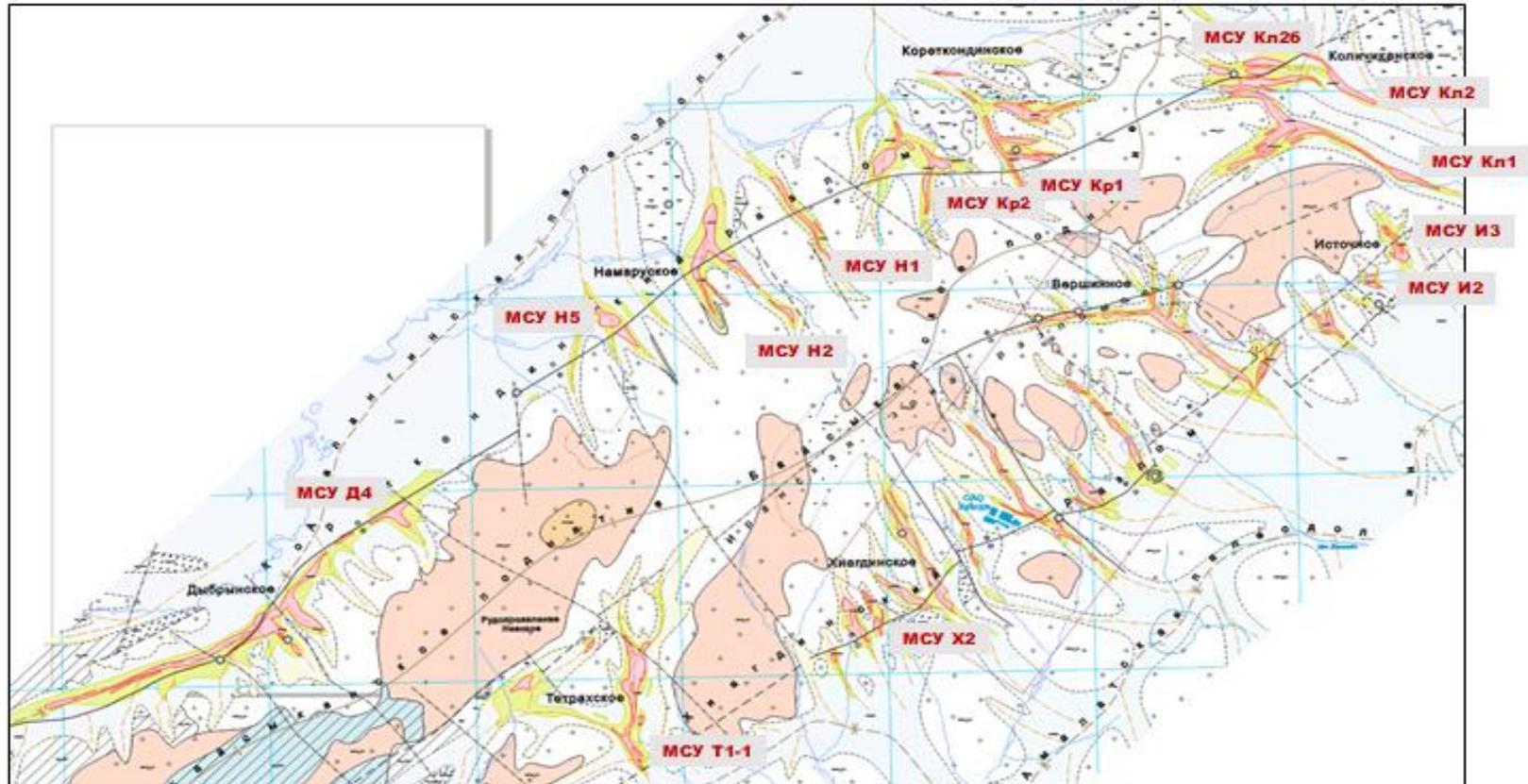
Головки В.В. (АО «Гиредмет»), Вацура Ф.Я. (АО «Гиредмет»)



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Хиагдинское рудное поле

Мобильная сорбционная установка — актуальная проблема для предприятий СПВ



Хиагдинское рудное поле состоит из **восьми месторождений**: Хиагдинское, Вершинное, Источное, Намару-Коретконде, Количикан, Тетрахское, Дыбырн, Джилиндинское, состоящих из **37 рудных залежей**. На плане представлены **мелкие рудные залежи** на Хиагдинском рудном поле, где необходимо повторно использовать МСУ: Хиагдинское – 1, Источное - 2, Количиканское - 3, Кореткондинское – 2, Намаруское – 3, Дыбырнское – 1, Тетрахское – 1. **Общее количество – 13.**



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Анализ основных аналогов



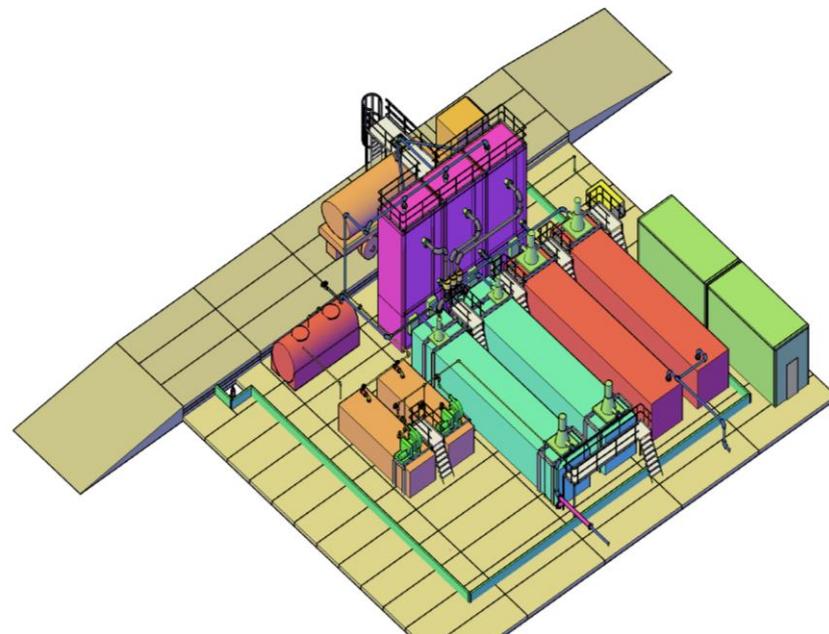
В настоящее время, в мировой и российской практике при отработке месторождения по технологии подземного выщелачивания, уран извлекается из продуктивных растворов сорбцией в напорных колоннах типа СНК, расположенных вертикально высотой 11-12 м. Для обеспечения безопасных условий эксплуатации таких колонн необходимо строить высокие здания и обеспечивать мощную вентиляцию. Стационарные локальные сорбционные установки являются объектами капитального строительства и имеют высокую стоимость капитальных затрат на строительство.

Все месторождения урана имеют большое количество мелких залежей, находящихся на значительном удалении от центральной перерабатывающей установки. Залежи, удаленные от основной УППР, обрабатываются локальными сорбционными установками (ЛСУ), которые являются объектами капитального строительства имеют высокую стоимость, поэтому использование таких установок нерентабельно для мелких залежей, поэтому часть месторождения остается неосвоенной, кроме того значительные капитальные затраты увеличивают себестоимость готовой продукции.



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Анализ основных аналогов



В 2022 году специалистами АО «Далур» совместно с АО «Русбурбурмаш» была разработана конструкция модульной сорбционной установки для добычи урана из растворов скважинного подземного выщелачивания, которая была введена в опытную эксплуатацию на АО «Хиагда» в 2023 году. Производительность установки составляет 160 м³/час ПР.

В состав технологического и вспомогательного оборудования МСУ входят следующие объекты:

- мобильные сорбционные колонны;
- резервуарный парк (емкости в мобильном исполнении), включая:
 - емкость свежего сорбента с насосом удаления перелива;
 - емкости продуктивных и возвратных растворов с насосным оборудованием;
 - емкости серной кислоты с дозирующими насосами;
- передвижная компрессорная установка;
- модульные блок-контейнеры (электрощитовая и операторская).



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Модульная сорбционная установка для добычи урана

Сорбционные напорные колонны выполнены в каркасе из сборно-разборных металлических конструкций с применением коррозионностойкого покрытия. Каркас обшит сэндвич-панелями с обустройством теплоизоляции.

Внутреннее пространство каркаса оснащено системами электроосвещения, отопления и вентиляции с учетом климатических условий.

Установка монтируется на бетонных плитах

Весь комплекс оборудования оснащен системами автоматики и управление процессом переработки осуществляется из помещения операторской входящей в состав установки



Капитальные затраты на строительство ЛСУ Источное составляют **2 850 161 501 руб.**

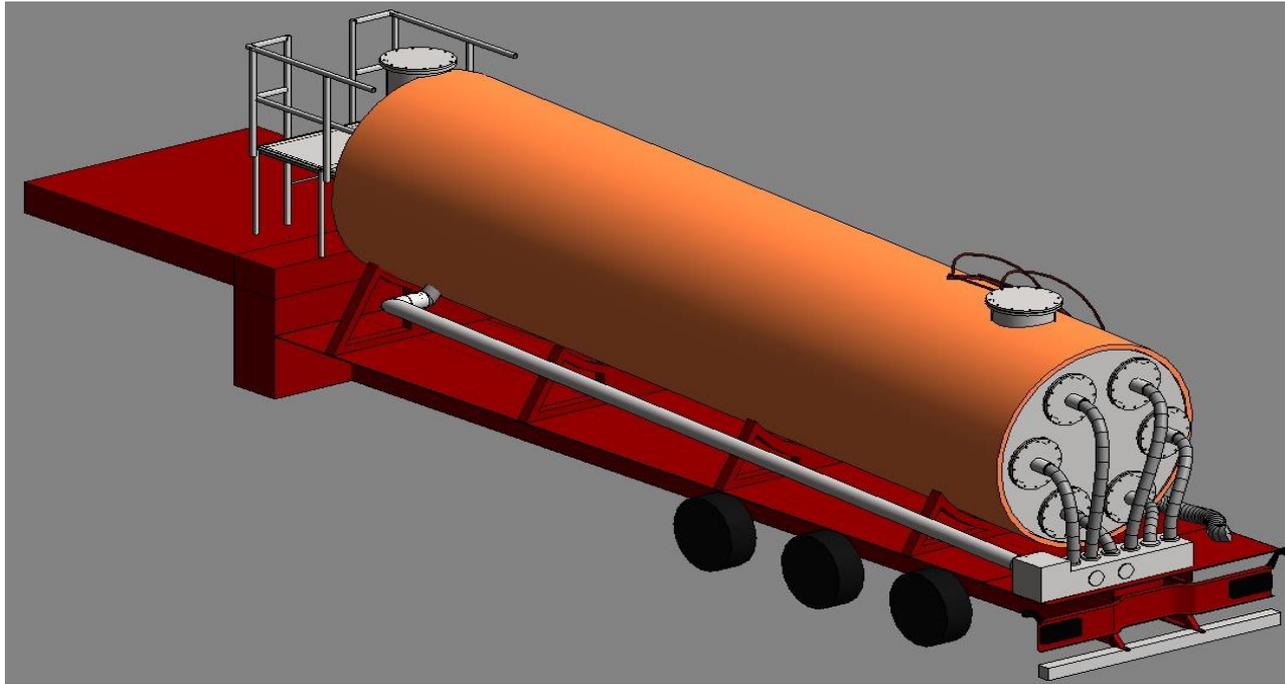
Капитальные затраты на строительство МЛСУ проекта РБМ (ООО ЗНПО Уником) **1 200 000 руб.**

Капитальные затраты на строительство одного комплекса МСУ составляют **389 950 894,82 руб.**



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

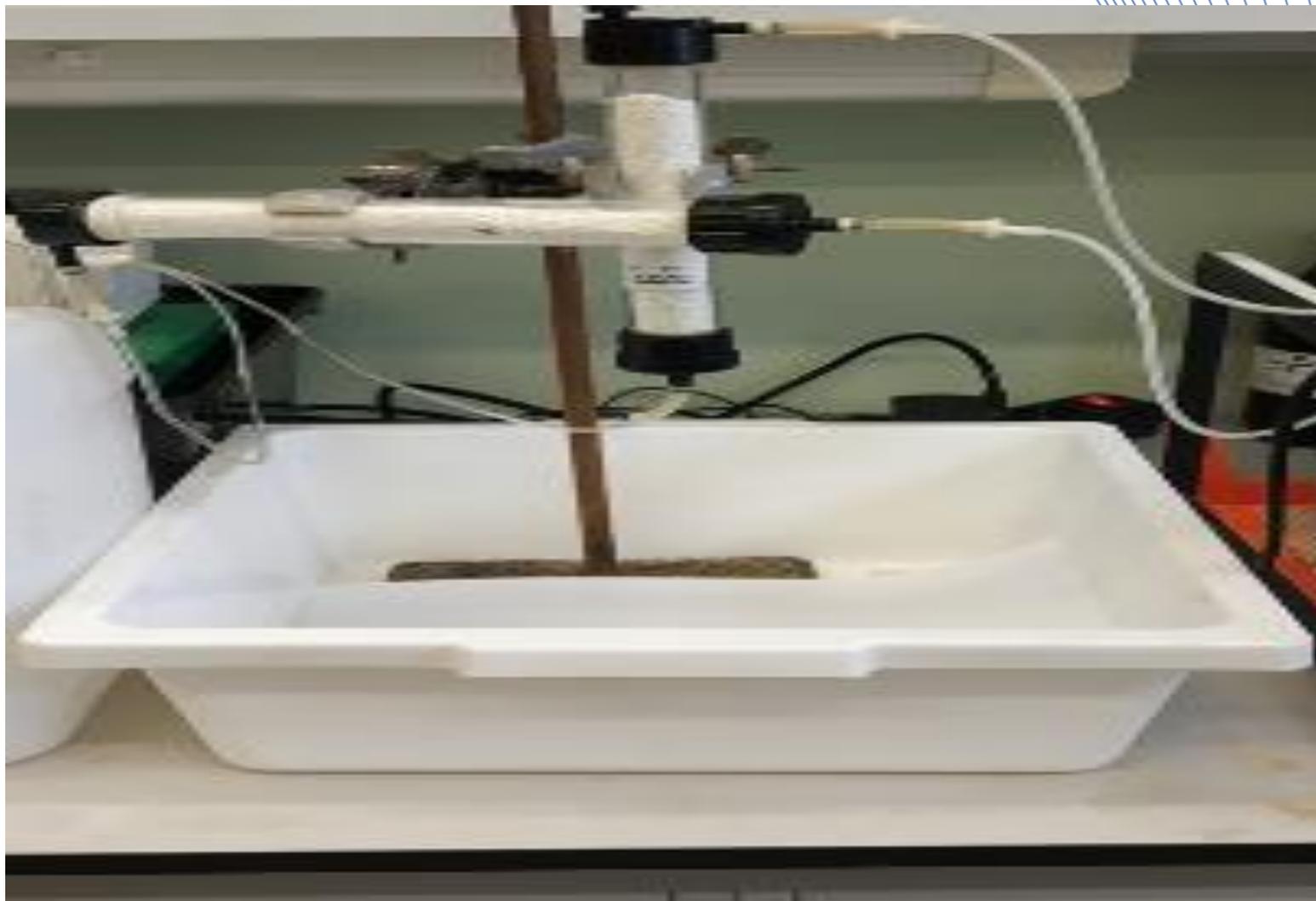
Мобильная сорбционная установка



Предлагается мелкие залежи месторождения обрабатывать мобильными сорбционными установками. Сорбционные колонны типа СНК расположить горизонтально на прицепе. Мобильная сорбционная установка, использующая такие колонны, может оперативно обрабатывать мелкие залежи, удаленные на значительные расстояния от центрального перерабатывающего комплекса.

Для реализации предложенной технологии обработки новых месторождений были проведены лабораторные и опытно-промышленные работы с целью разработки технологии, определения технологических параметров, выявления конструктивных особенностей и получения достоверных исходных данных для проекта установки.

Исследование сорбции урана в горизонтальных и вертикальных колоннах (УРФУ)





Три режима гидродинамики сорбционной колонны:

1. Линейная скорость – 0-10 м/ч – ламинарный режим просачивания.
2. Линейная скорость - 10-24 м/ч – режим псевдооживленного слоя смолы
3. Линейная скорость – более 25 м/ч – режим плотного (зажатого) слоя смолы





ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Опытно-промышленная установка - 1

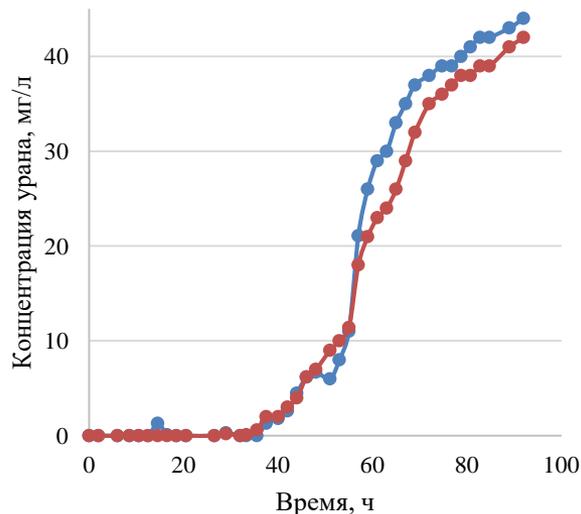




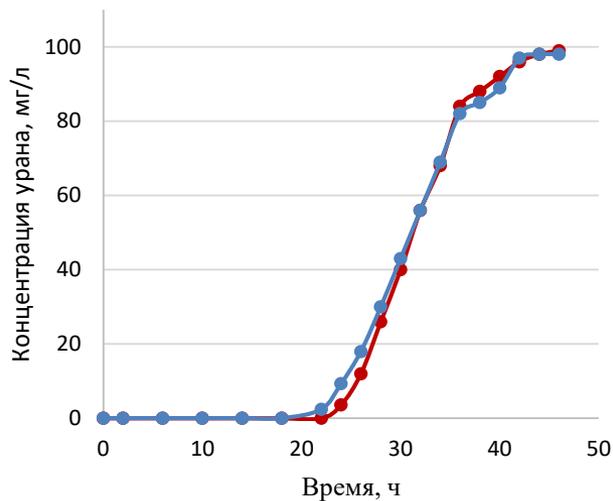
ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Выходные кривые сорбции урана на лабораторной установке

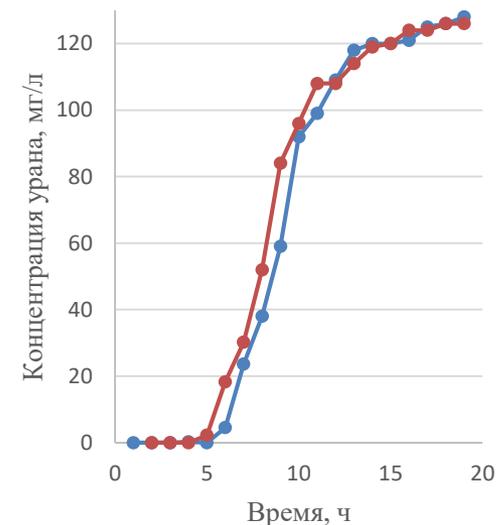
ПР- 43 мг/л



ПР- 100 мг/л



ПР- 130 мг/л



Концентрация урана в смоле:
Горизонтально- 27,6 г/л
Вертикально – 27 г/л

Концентрация урана в смоле:
Горизонтально- 36,1 г/л
Вертикально – 36,4 г/л

Концентрация урана в смоле:
Горизонтально- 38,5 г/л
Вертикально – 36,1 г/л

— горизонтально
— вертикально



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

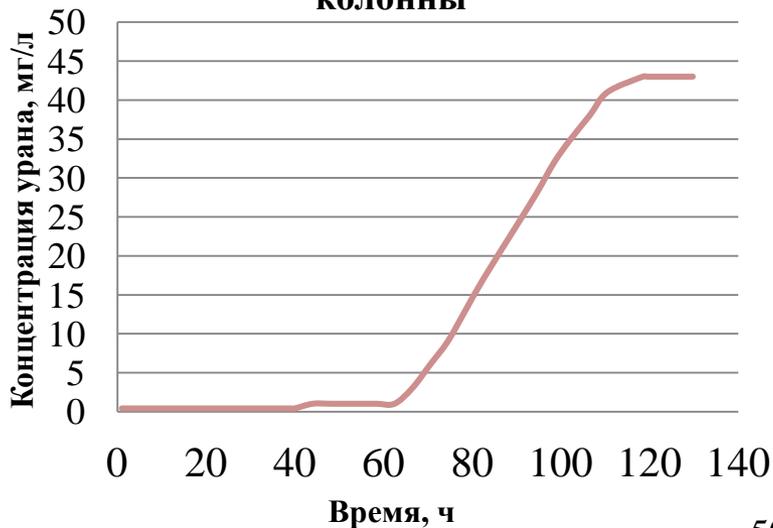
Опытно-промышленная установка - 2



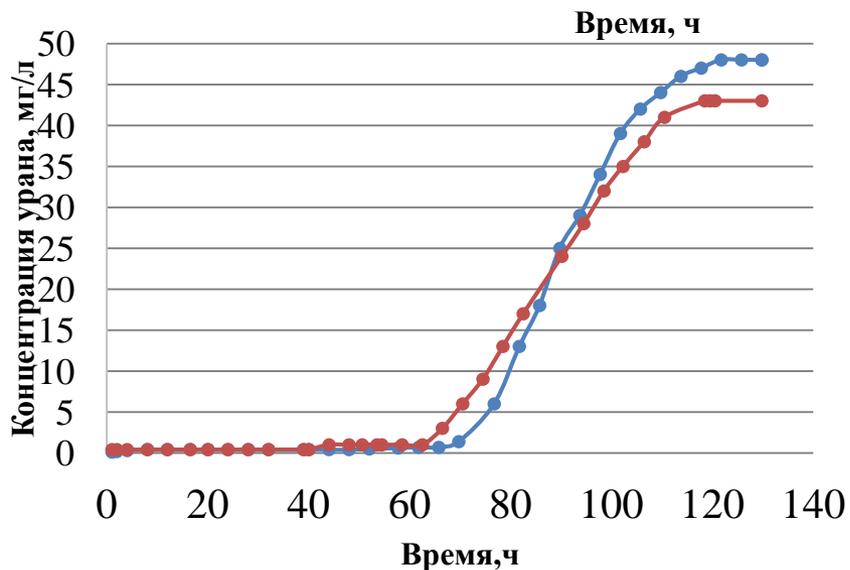
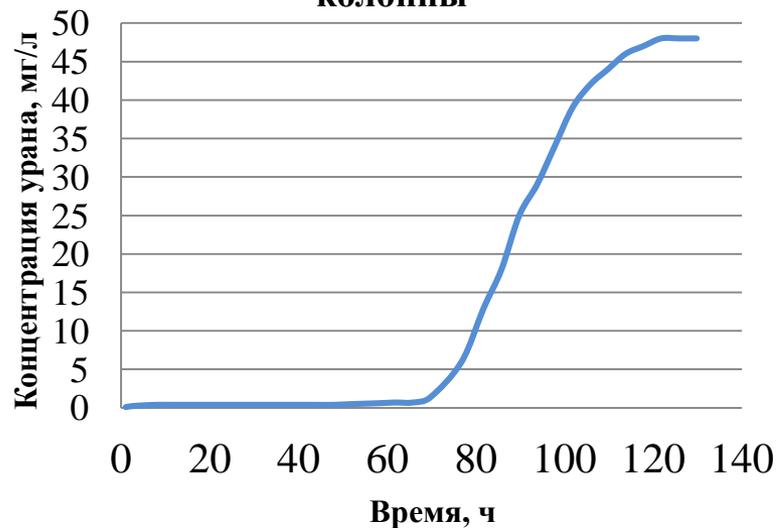


Выходные кривые сорбции урана

Вертикальные колонны



Горизонтальные колонны



Содержание урана в ПР, мг/л	Содержание урана в смоле на УППР, г/л	Содержание урана в смоле на установке, г/л вертикально	Содержание урана в смоле на установке, г/л горизонтально
51,5	19,75	29,3	29,7



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Расчет технологических параметров сорбции по данным опытно-промышленных испытаний

Исходные данные		
С урана исх, г/л	0,048	0,043
С урана сбр, г/л	0,001	0,001
Е, г/л	30,84	26,63
Кк	642,5	619,3
β , ч	0,023	0,023
t, ч	14,77	14,24

Расход, м ³ /ч	D колонны, м	S, м ²	Wl, м/ч	ΔH , м	Hк, м	Wf, м/ч	Объем колонны, м ³	Масса урана в насыщенной колонне, кг		Время замены колонны, ч
150,0	1,86	2,71	55,71	5,5- 6,0	8-9	0,08 6	21,6	665	574	93



Описание работы мобильной сорбционной установки

Для переработки продуктивных растворов (ПР), получаемых при эксплуатации залежей, имеющих малые запасы по урану и большую удаленность друг от друга и от установки по переработке продуктивных растворов (УППР) главного корпуса, экономически более эффективно использовать мобильные сорбционные установки (МСУ), по сравнению с локальными сорбционными установками (ЛСУ).

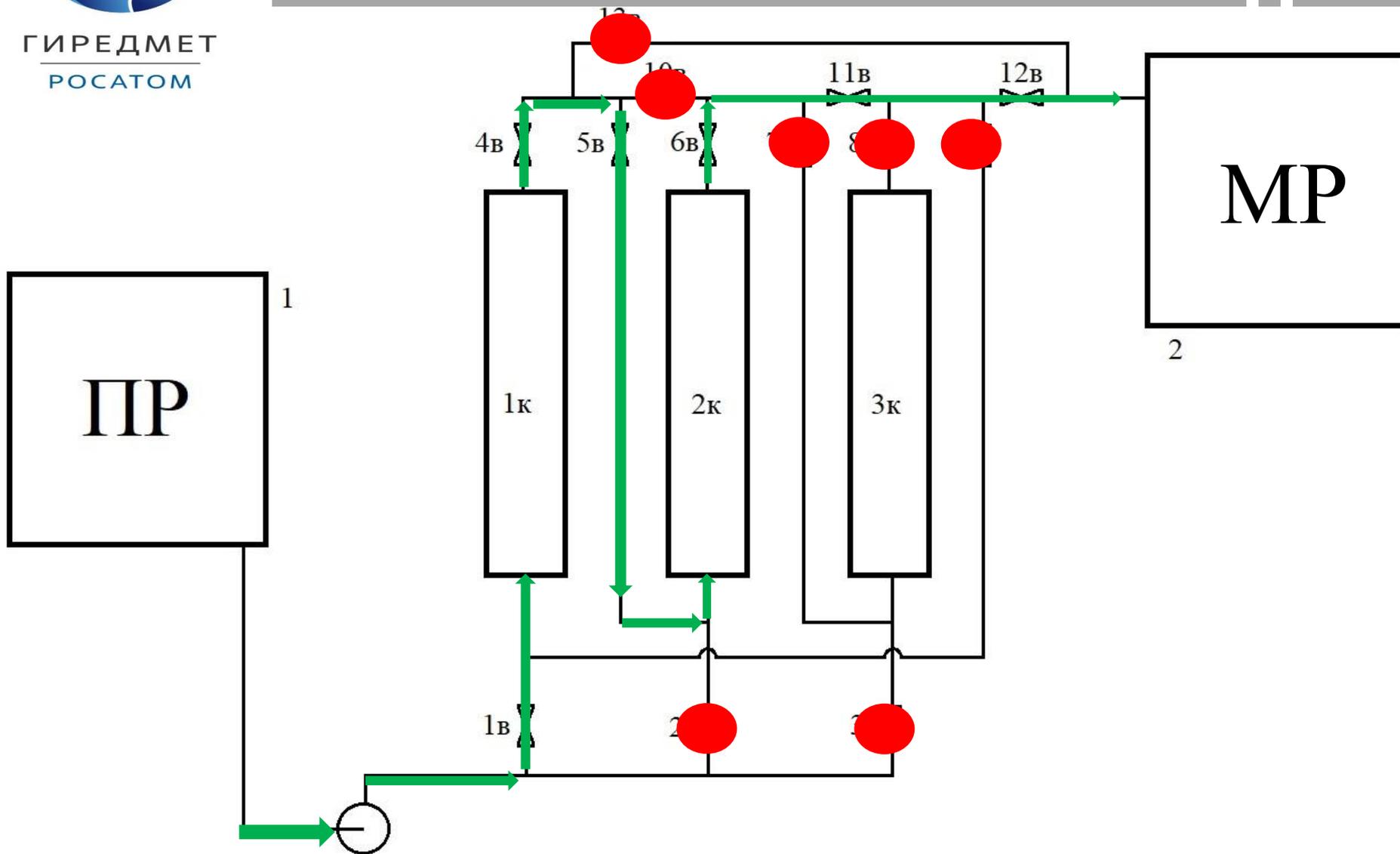
Мобильная установка должна состоять из трех колонн СНК, установленных на прицепах 9835-77-2. Диаметр СНК выбирается в зависимости от производительности МСУ.

МСУ работает по схеме «блуждающий аппарат», описанной на слайдах 12,13,14,. Время сорбции до замены колонны составляет от 3 до 5 суток, в зависимости от производительности МСУ, что позволяет организовать цикл регенерации сорбента на УППР главного корпуса по действующей схеме с ЛСУ, с выгрузкой насыщенной смолы и загрузкой отрегенированной смолы. (Расчет на слайде 10 выполнен для рабочей смеси сорбентов, ПДОЕ – 26 г/л). Подключение колонны на прицепе к коллектору ПР необходимо выполнять гибким шлангом для упрощения схемы подачи ПР. Буферные емкости ПР и МР выполнить в виде емкостей из пластика.



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

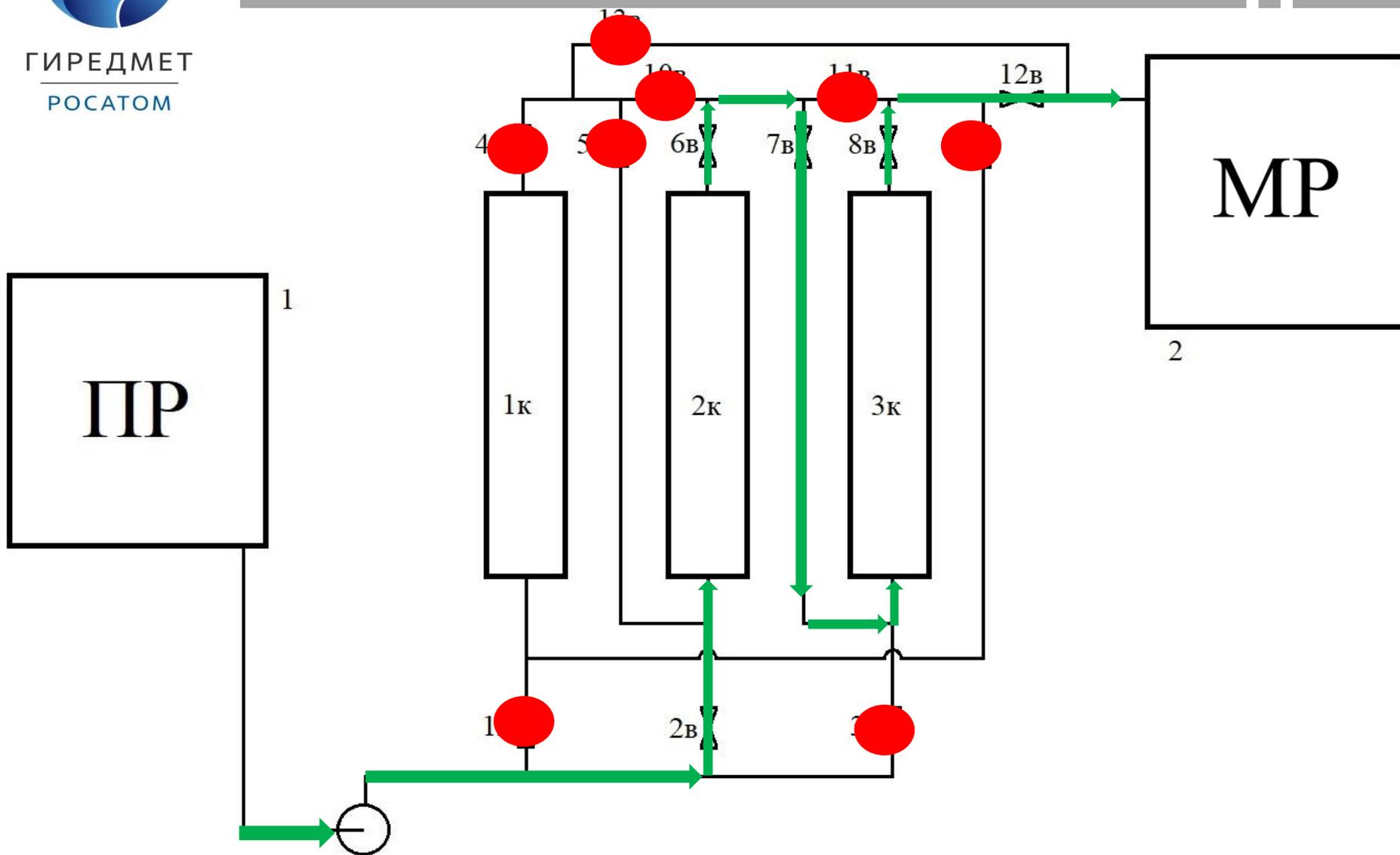
Аппаратурная схема «блуждающий аппарат»





ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

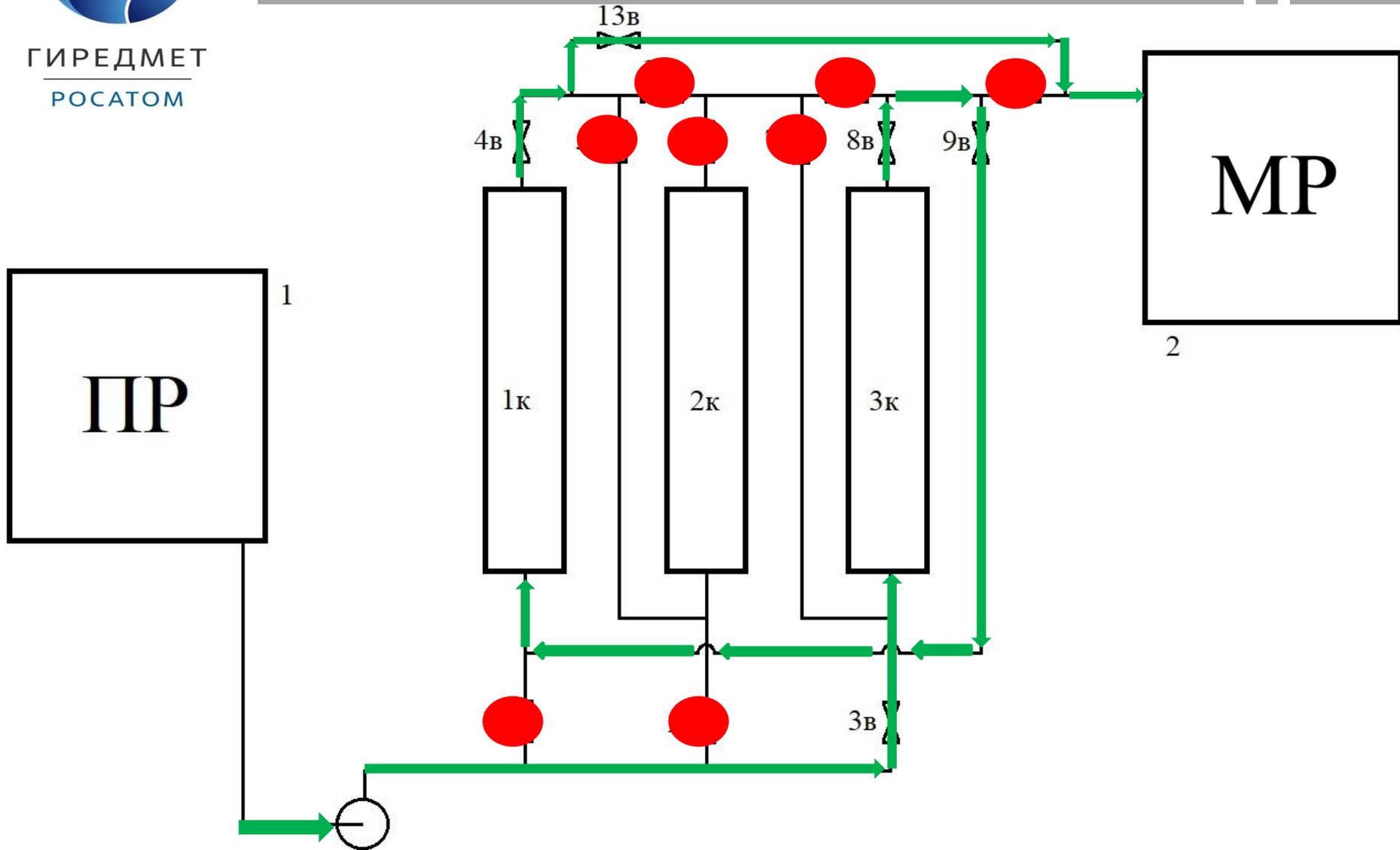
4. Аппаратурная схема «блуждающий аппарат»





ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

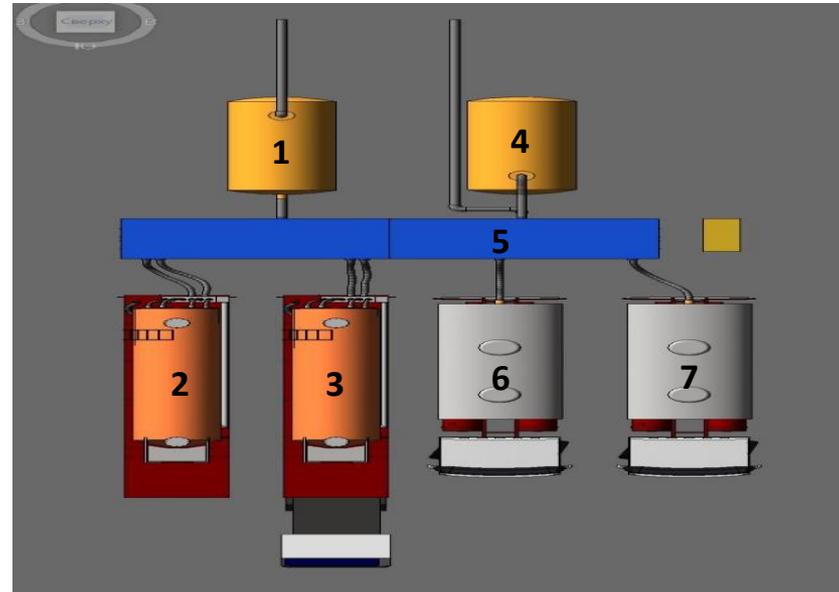
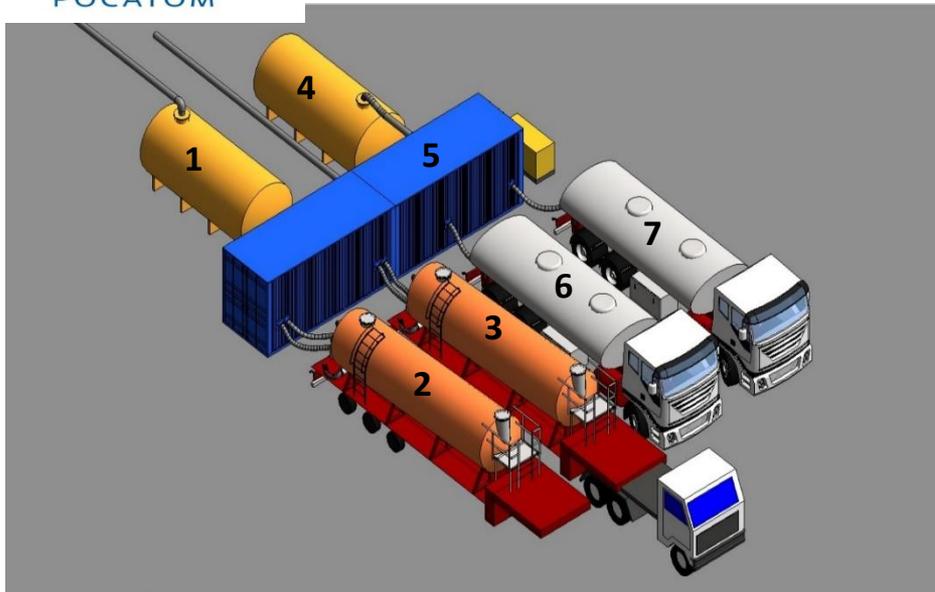
Аппаратурная схема «блуждающий аппарат»





ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

Аппаратурная схема мобильной сорбционной установки



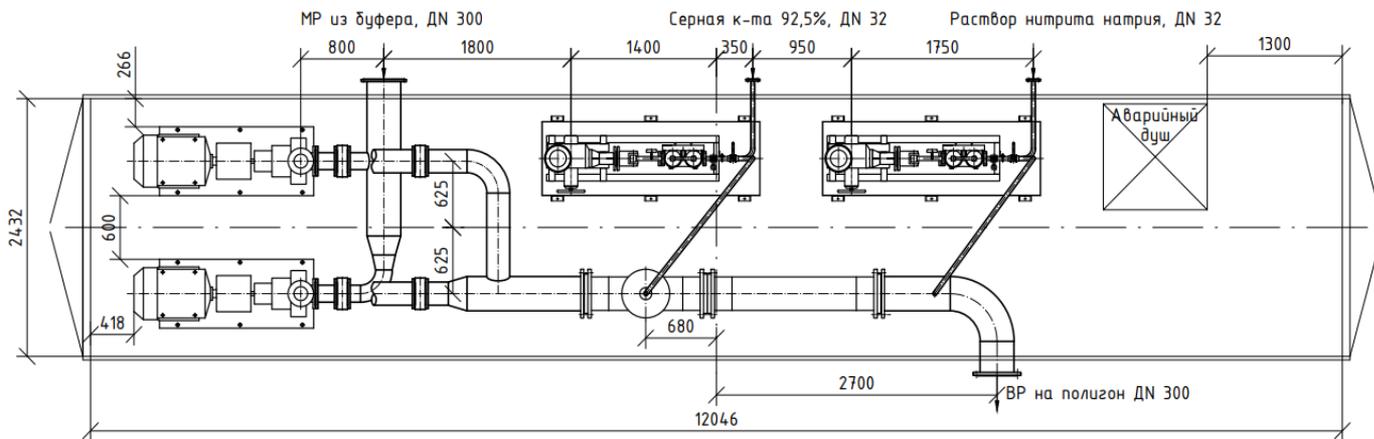
Продуктивные растворы (ПР) подаются из скважин в буферную емкость поз. 1 и дальше по трубопроводу поступают на стадию сорбции урана в горизонтальной колонне СНК, поз 2 и 3. Подача ПР на стадию сорбции производится насосами, размещенными в передвижном контейнере (поз. 5). В контейнере располагаются необходимые трубопроводы и насосы для обеспечения движения растворов по технологической цепи, запорно-регулирующая арматура. После извлечения урана из ПР в колонне СНК, маточный раствор направляется в буферную емкость маточника поз. 4. Из поз.4 маточник направляется в узел смешения, куда подаются серная кислота из поз. 6 и окислитель из поз 7. Узел смешения находится в контейнере поз. 5. После узла смешения маточный раствор превращается в выщелачивающий раствор и направляется на добычный полигон. По прибытии горизонтальной колонны, загруженной свежим ионитом на МСУ, из контейнера к колонне подключаются шланги для обеспечения колонны продуктивными и маточными растворами. Сорбция урана из ПР осуществляется в колонне, установленной на прицепе, в горизонтальном положении. Для регенерации сорбент перевозится на установку по переработке продуктивного раствора (УППР) главного корпуса и регенерируется по действующей схеме УППР, с последующей загрузкой отрегенированного сорбента в передвижную горизонтальную колонну.



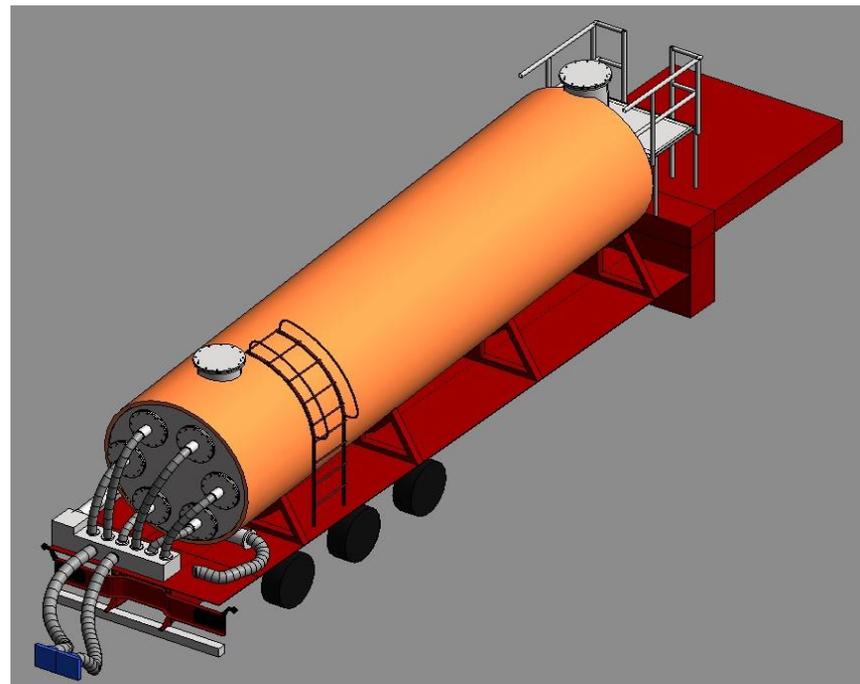
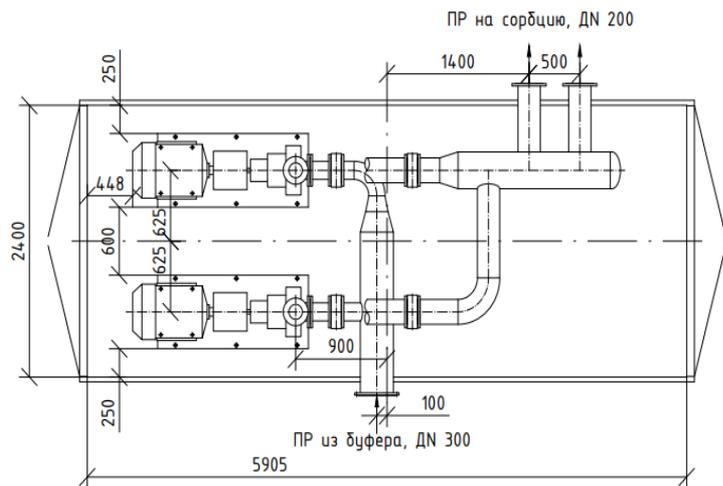
ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

ГИИ

Мобильная сорбционная колонна



20 футовый контейнер 20PW





ГИРЕДМЕТ

РОСАТОМ

Заключение

В результате проделанной работы, теоретически и экспериментально обоснована возможность осуществления сорбции урана из ПР в горизонтальной колонне типа СНК при линейной скорости ПР в колонне более 25 м/час.

Экспериментально обоснованы все технологические параметры процесса, необходимые для расчета горизонтальной сорбционной колонны типа СНК, а также получены достоверные данные для разработки исходных данных на проект создания МСУ и подготовки ТЭО МСУ. Разработан технологический регламент МСУ. Уровень готовности технологии — TRL-7 (прототип разработан и готов к промышленным испытаниям на предприятии)

Применение технологии мобильной сорбционной установки дает положительный экономический результат за счет ряда факторов:

1. Затраты на строительные-монтажные работы минимальные, т. к. МСУ не является объектом капитального строительства. Фактически затраты на установку СМР представляют собой только подготовку площадки для МСУ.
2. За счет гораздо меньших сроков строительства, ввод в эксплуатацию месторождения может быть значительно сокращен.
3. Мобильность установки позволяет включить в разработку небольшие залежи, которые при строительстве ЛСУ были экономически невыгодными.
4. По оценке экономической эффективности, выполненной ВНИПИпромтехнологии, чистый дисконтированный доход составит около 1 млрд. руб., по сравнению с ЛСУ.

Благодарю за внимание



**Головко Валерий Васильевич.
Главный эксперт АО «Гиредмет»
+7 (985) 300 17 83; VaVasGolovko@rosatom.ru**