

# **ВНЕШНИЕ БАРЬЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СОЗДАНИИ ПУНКТОВ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ РАО**

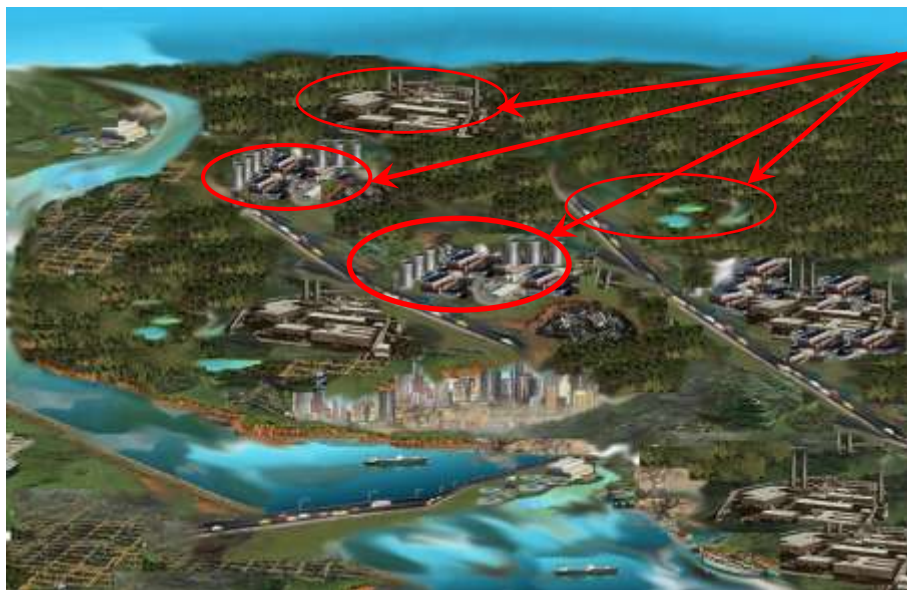
**А. А. Зубков<sup>1</sup>, В.В. Данилов<sup>1</sup>, Е.В. Захарова<sup>2</sup>**

**1-ОАО «Сибирский химический комбинат», г. Северск**

**2-Институт Физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва**

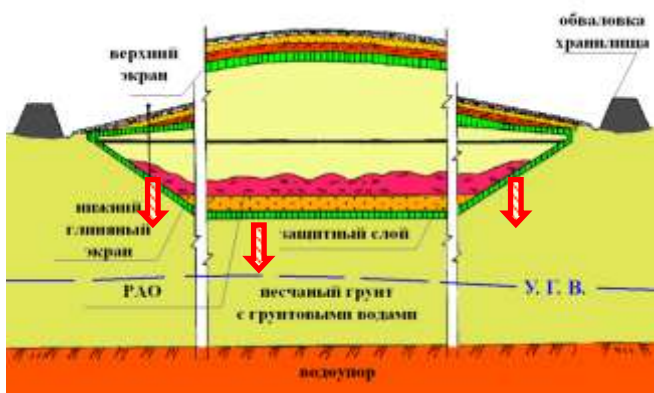
**Октябрь – 2013 г.**

# Постановка проблемы

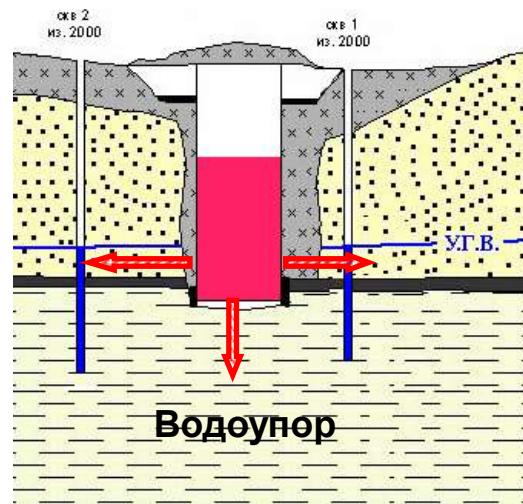


## Радиационно-опасные объекты

1. Наземные хранилища ЖРО
2. Наземные хранилища ТРО
3. Промышленные здания, где выполнялись радиационно опасные технологические операции



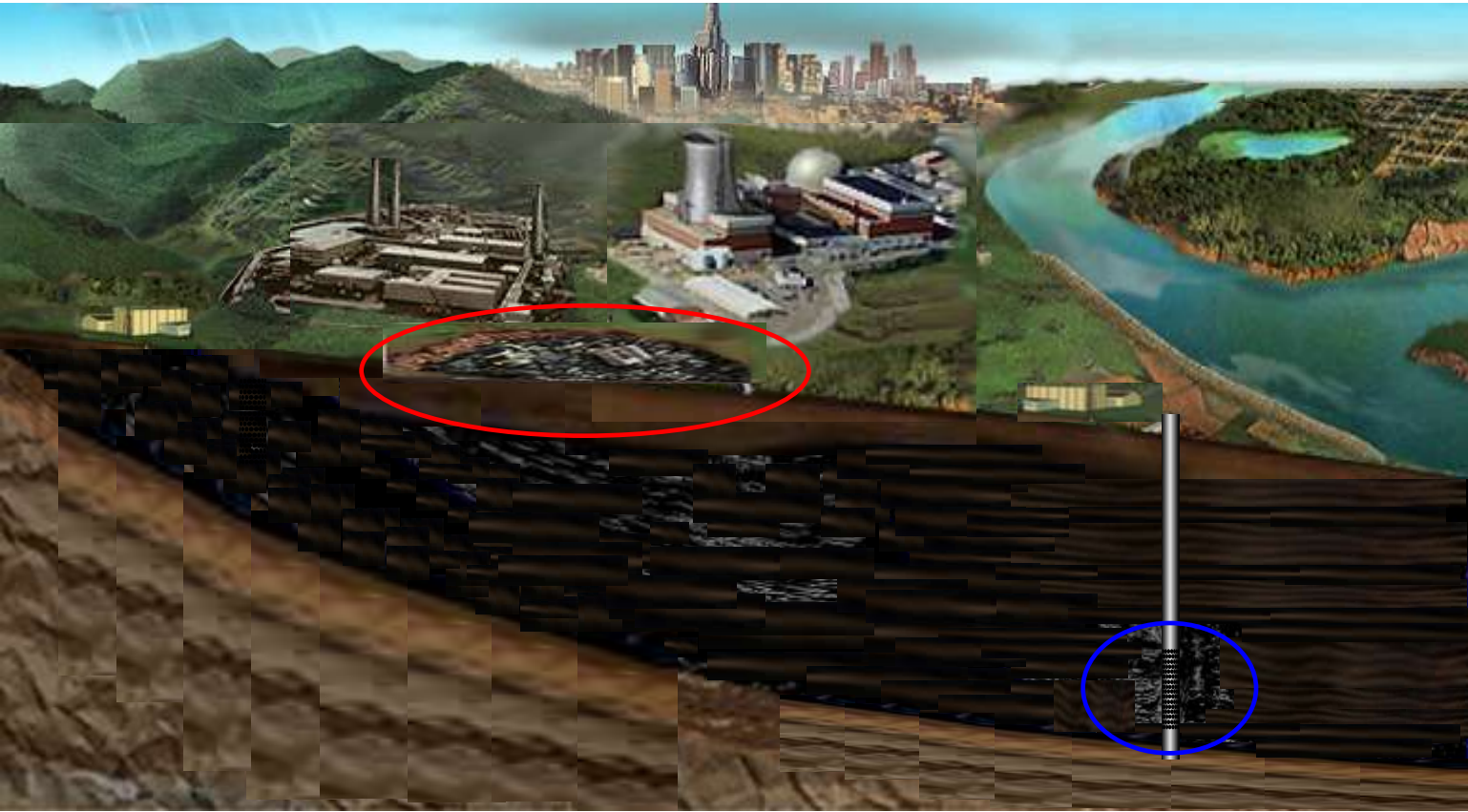
Консервируемое хранилище ЖРО



Консервируемое хранилище ТРО

Направления выхода радионуклидов за стенки хранилищ

# Возможные последствия поступления радионуклидов в водоносный горизонт



# Внешние барьеры безопасности как способ ограничения поступления радионуклидов в водоносный горизонт

Барьеры выполняют **противофильтрационную** и **противомиграционную** функции

**Противофильтрационная функция** – заключается в существенном снижении скорости фильтрации подземных вод на участке постановки внешнего барьера безопасности

**Противомиграционная функция** – заключается в изменении сорбционных и химических свойств геологической среды, в результате чего элементы-загрязнители задерживаются установленным внешним барьером безопасности

**Оптимальный тип композиции для создания барьера должен обладать следующими свойствами:**

- композиция может быть подготовлена в нормальных условиях;
- низкая вязкость в широком температурном диапазоне (хорошая проникающая способность)
- слабая чувствительность к разбавлению;
- незначительная изменяемость вязкости растворов во времени до момента образования полимера
- регулируемое время полимеризации;
- высокая адгезия к породам;
- невозможность образования быстро мигрирующих форм радионуклидов при сооружении и эксплуатации барьера;
- приемлемая стоимость, доступность, пожаро-взрывобезопасность и низкая токсичность компонентов.



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РСАТОМ»

# Разработка состава и технологии подготовки полимеризующейся композиции

**Выбрана двухрастворная схема подготовки композиции:**

1 раствор – основа: водный раствор Na- жидкого стекла;

2 раствор – полимеризатор-модификатор: полимеризатор – водный раствор щавелевой кислоты и Аква-Аурата-30; модификатор – водный раствор натрия фосфорнокислого однозамещенного ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Подготовка полимеризующейся композиции: раствор 2 поступает в раствор 1.

**В качестве оптимальной выбран следующий состав композиции ( на 1 куб.м ) :**

Вода - 875л,

Na-жидкое стекло - 125л,

Аква-Аурат-30 - 4.8 кг,

Щавелевая кислота - 6.25 кг,

Натрий фосфорнокислый однозамещенный - 2.4 кг

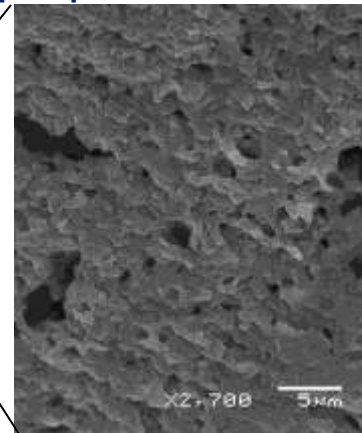
**Время начала полимеризации 17 час., вязкость 1.42 спуаз**

# Свойства получаемого полимера

Структура песка, пропитанного алюмосиликатным гелем



Структура алюмосиликатного полимера в поровом пространстве



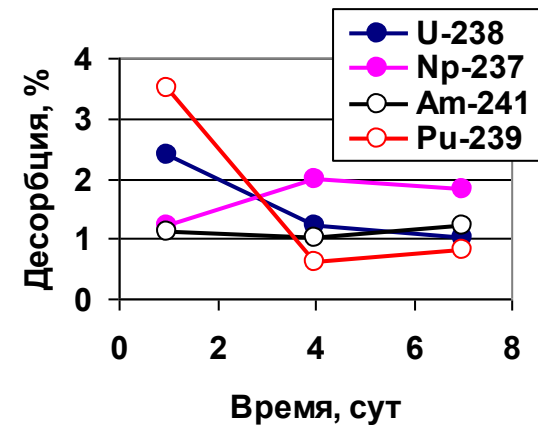
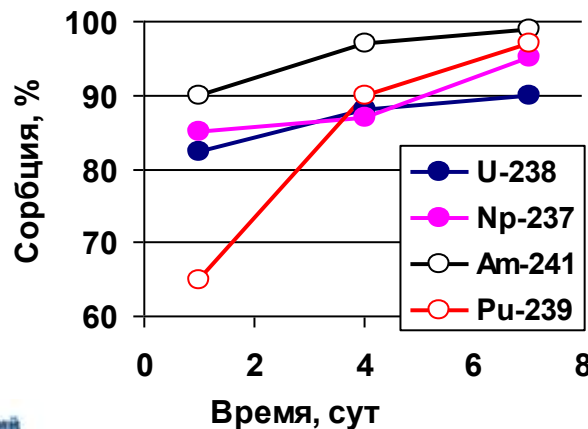
Эффективная пористость снижается от 15% в исходных песках до 1% в проработанных полимеризующейся композицией.  
Коэффициент фильтрации воды изменяется от  $4 \cdot 10^{-3}$  м/сут. до  $5.4 \cdot 10^{-5}$  м/сут

Оптическая микроскопия  
Максимальный размер пор до 50 мкм

Оптическая микроскопия  
Полимер заполнил поровое пространство

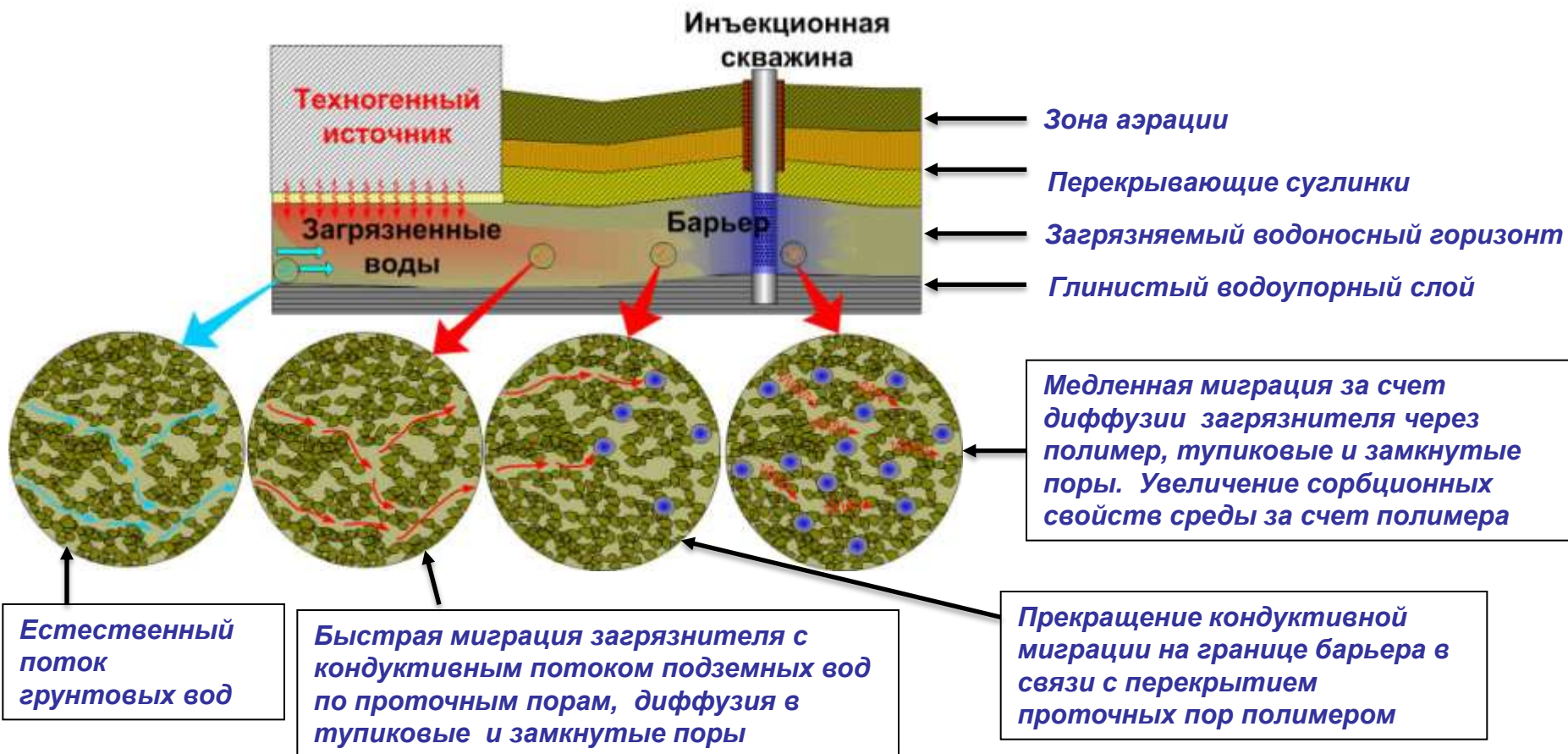
Растровая электронная микроскопия  
Размер пор до 5 мкм

Полимер в присутствии выбранного модификатора имеет высокие сорбционные и удерживающие свойства



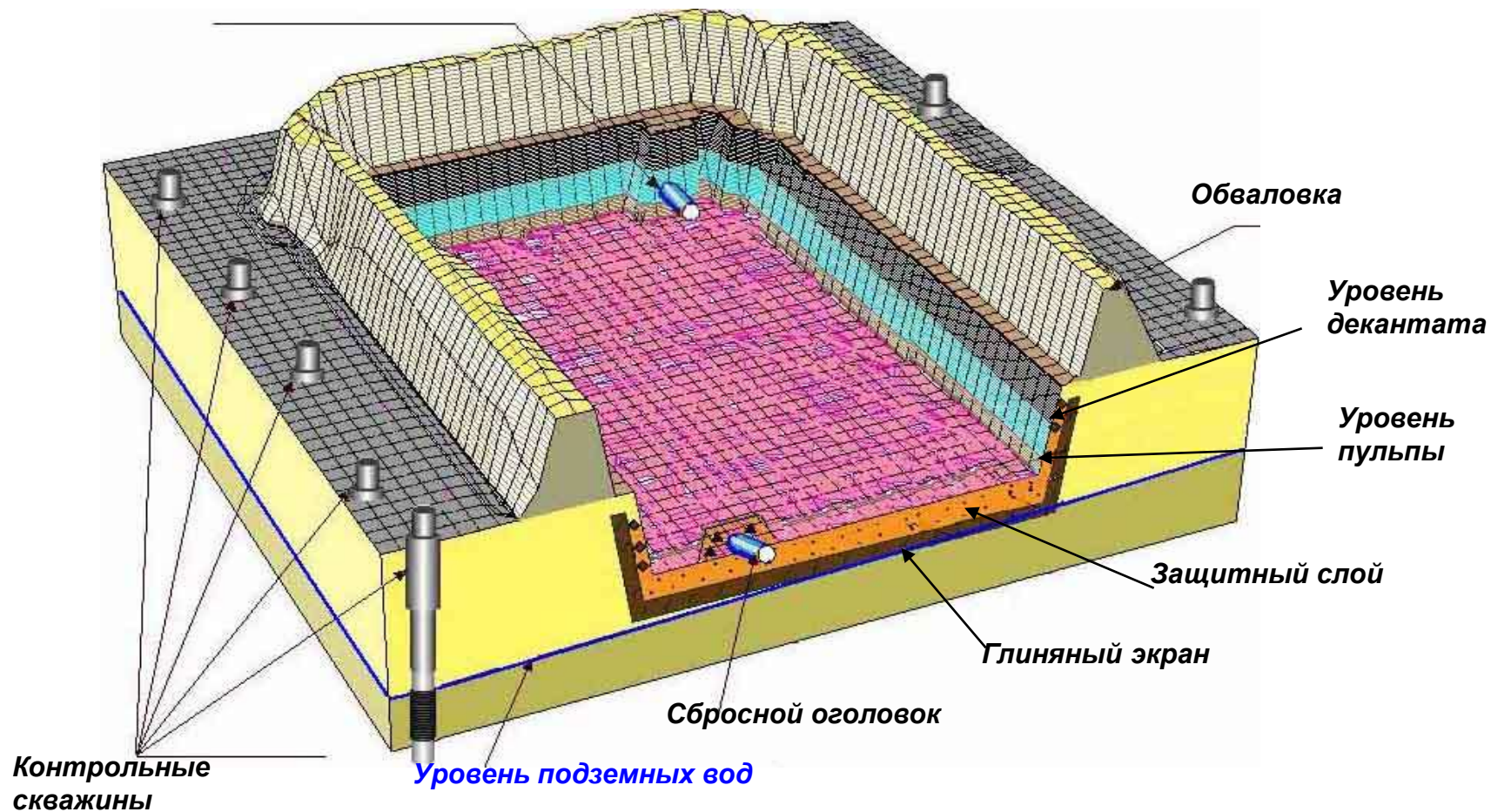
# Схема миграции техногенных загрязнителей при реализации выбранного метода

**Задача - изменить характер миграции техногенных загрязнителей.** Заменить горизонтальное движение по водоносному горизонту движением через созданный барьер и подстилающий водоупорный слой глин.



# Конструкция хранилища ЖРО, которое было выбрано в качестве объекта для сооружения внешнего барьера безопасности

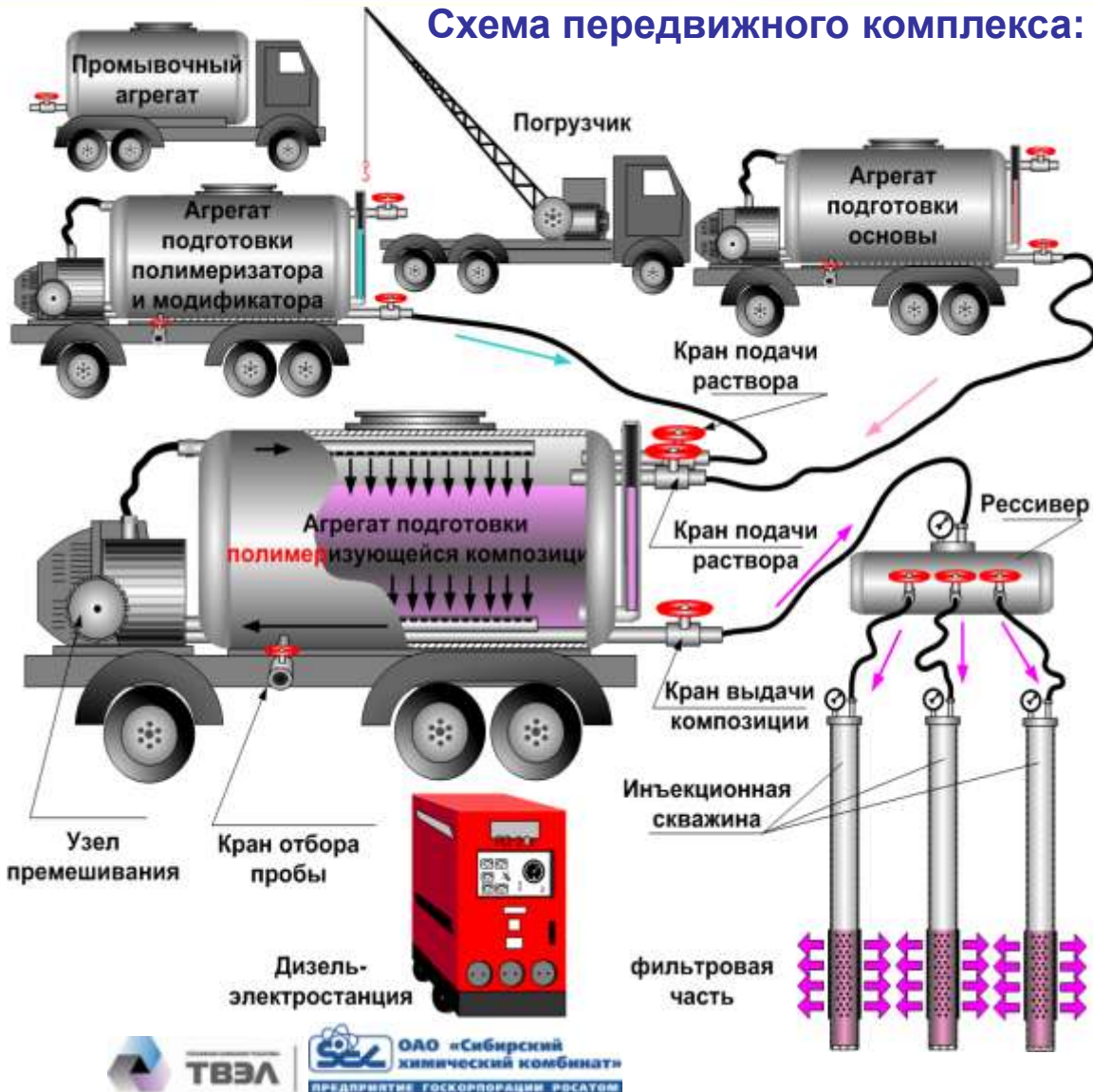
Приемный оголовок





# Передвижной комплекс подготовки и закачки полимеризующихся композиций

Схема передвижного комплекса:



## Преимущества комплекса:

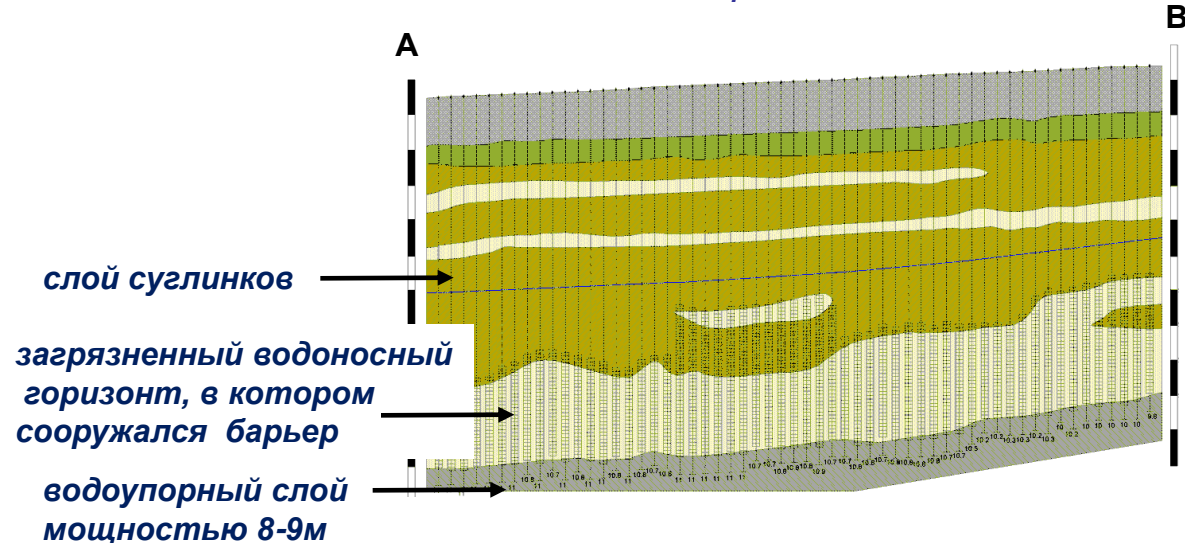
1. Использование выпускаемого российского оборудования с минимальной доработкой
2. Автономность и мобильность
3. Взаимозаменяемость агрегатов
4. Достаточность производительности для выполнения работ в промышленных объемах (18 куб.м/час)
5. Возможность работы с высокосолевыми кислотными и щелочными средами
6. Обеспечение одновременной закачки в несколько скважин (до 20) с поддержанием установленного давления закачки на оголовках в условиях разной приемистости скважин

# Реализованная схема сооружения внешнего барьера безопасности вокруг выбранного хранилища ЖРО

Расположение инъекционных скважин в плане на участке создания внешнего барьера безопасности



Геологический разрез участка по линии А-В с вынесенными инъекционными скважинами



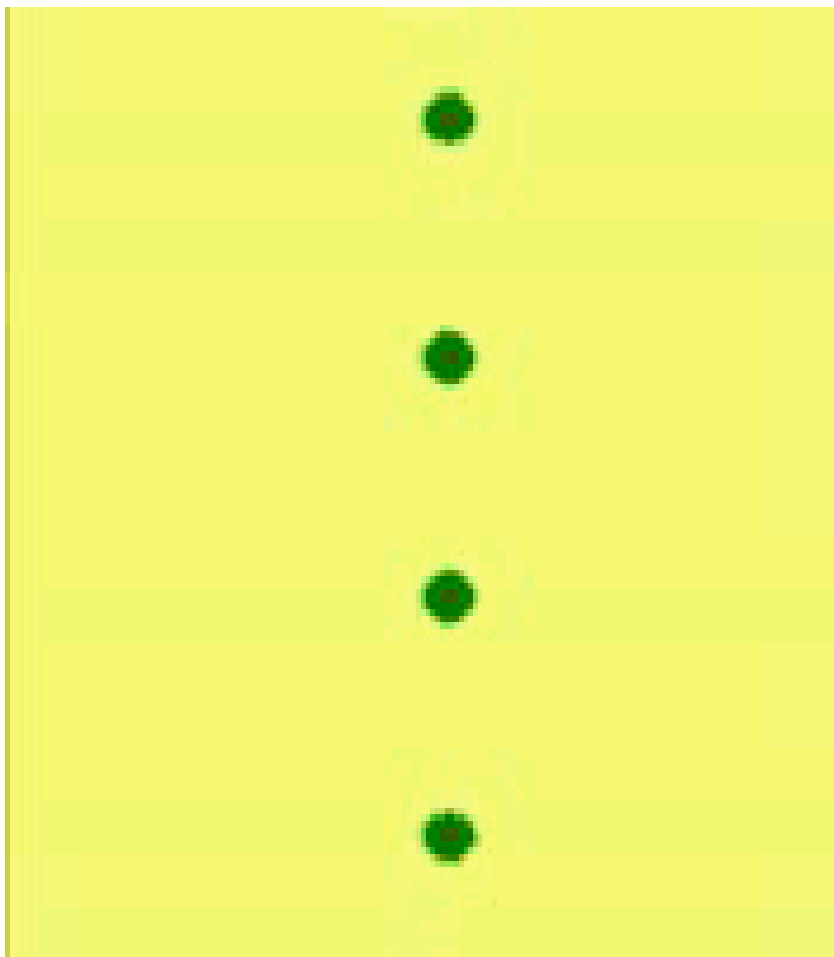
Расположение инъекционных скважин в 3 ряда западной части хранилища (на фронте потока подземных вод). Цифрами над скважинами показана последовательность бурения и закачек. Определенная ширина заполнения эффективного пористого пространства водоносного горизонта 6.5 - 7.2м

Расположение инъекционных скважин в 2 ряда в северной и южной частях хранилища (вдоль потока подземных вод). Цифрами над скважинами показана последовательность бурения и закачек. Определенная ширина заполнения пористого пространства водоносного горизонта 5 - 5.4м

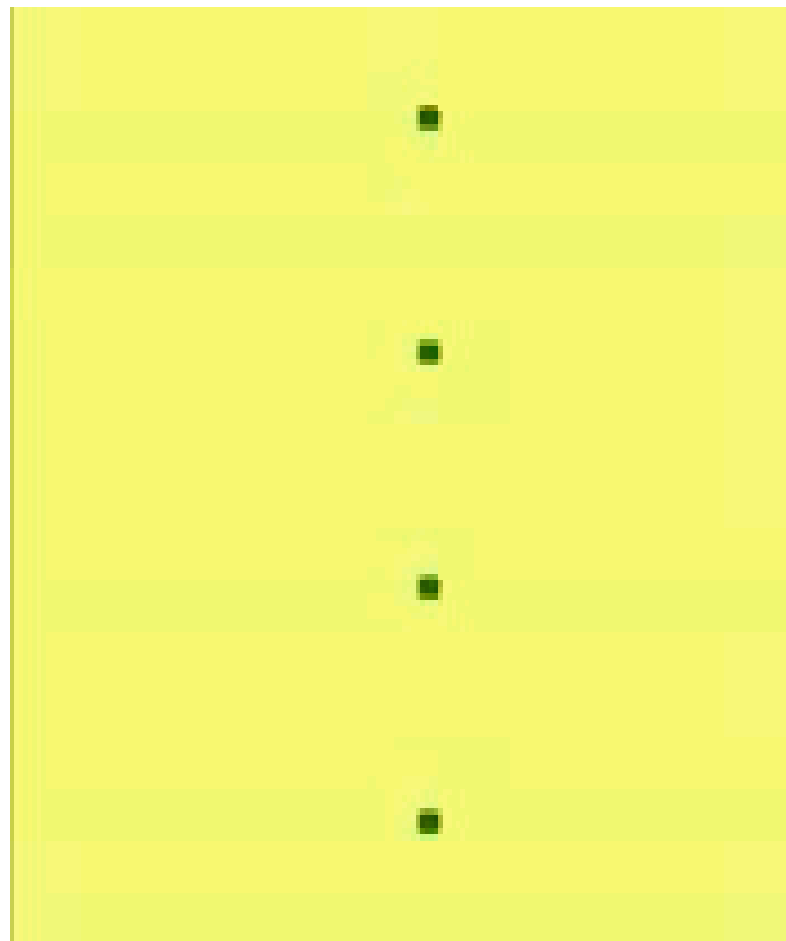
Всего пробурено 220 инъекционных скважин, подготовлено и закачено 900 куб.м. полимеризующейся композиции

# Моделирование заполнения композицией порового пространства пропластков водоносного горизонта

*Поступление композиции в высокопроницаемые пропластки*



*Поступление композиции в низкопроницаемые пропластки*

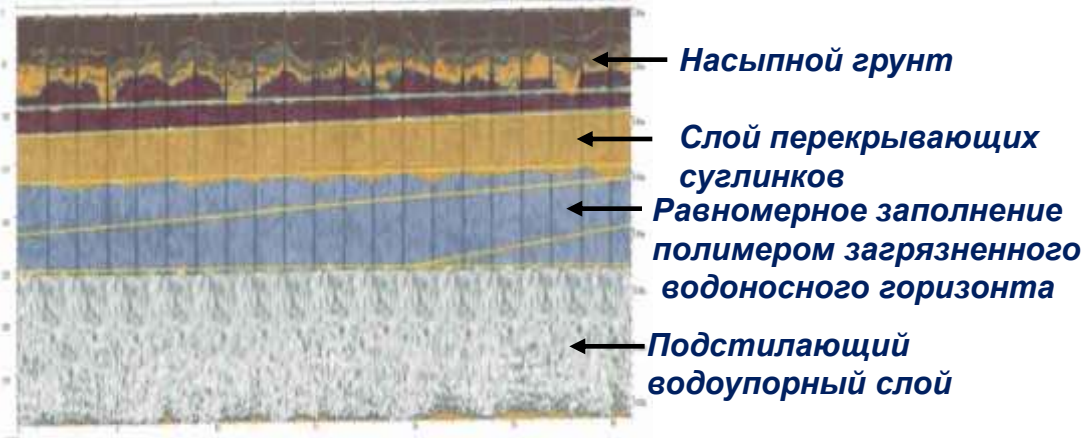


# Результаты опытно-промышленных работ

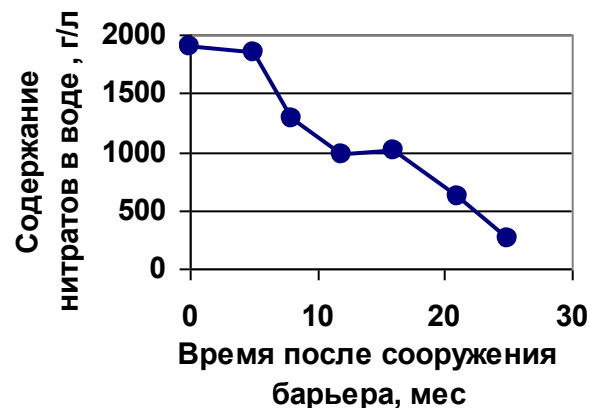
Сооружен внешний барьер безопасности у наземного хранилища жидких радиоактивных отходов:

- длина барьера составила 300м
- ширина барьера составила 5-7м
- по результатам опытно-фильтрационных работ в теле барьера снижен коэффициент фильтрации песков водоносного горизонта с 0.5 – 1 м/сут (естественное состояние) до  $7 \cdot 10^{-3}$  (краевые участки барьера); до  $2-4 \cdot 10^{-4}$  м/сут (внутренние участки барьера)
- по результатам лабораторных исследований образцов барьера повышен коэффициент распределения актинидов до  $3 \cdot 10^4$  см<sup>3</sup>/г

Результаты георадарных исследований показали высокую равномерность заполнения водоносного горизонта полимером

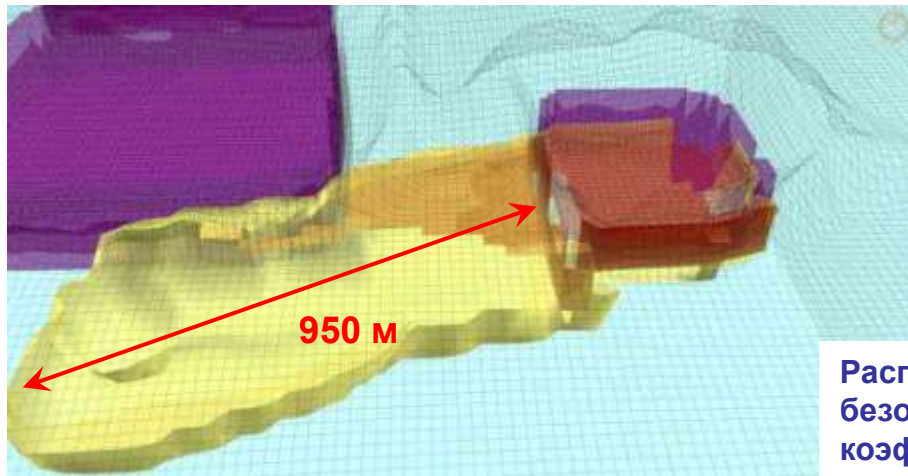


Результаты мониторинга постепенной очистки подземных вод от загрязнителей по подвижному мигранту



**Результат сооружения внешнего барьера безопасности-приращение поступления в водоносный горизонт радионуклидов и подвижных мигрантов, постепенная очистка подземных вод за барьером**

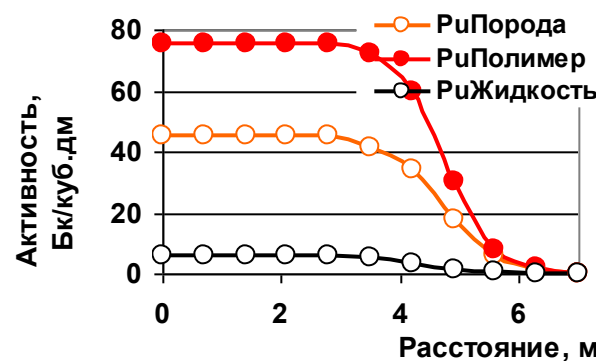
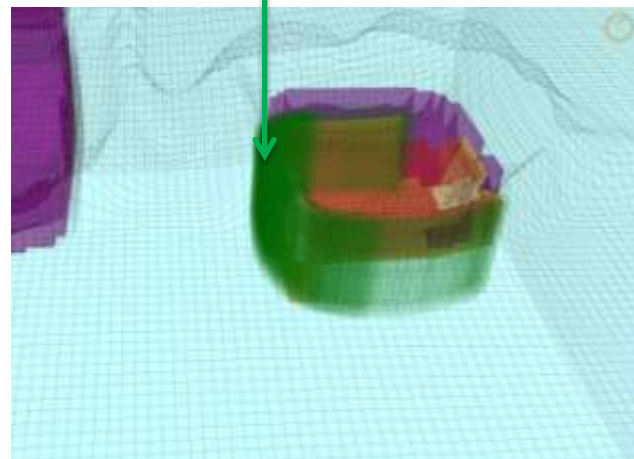
# Моделирование долговременных результатов сооружения внешнего барьера безопасности



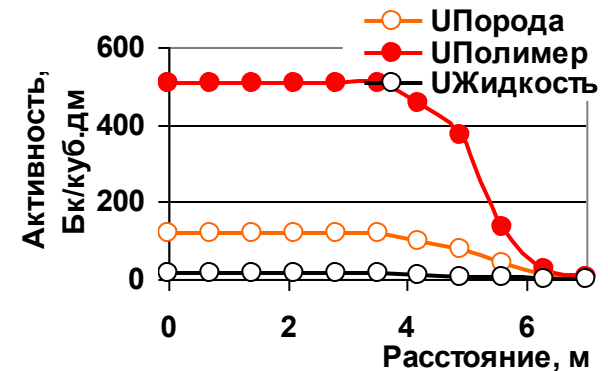
Область распространения в первом от поверхности водоносном горизонте нитратов с концентрацией выше ПДК, быстрых форм миграции урана и трансураниевых элементов с концентрацией выше уровня вмешательства при отсутствии внешнего барьера безопасности

Распределение плутония и урана во внешнем барьере безопасности при максимальном определенном коэффициенте фильтрации ( $3 \cdot 10^{-3}$  м/сут)

Внешний барьер безопасности



Распределение плутония



Распределение урана

Уран и трансураниевые элементы в концентрациях, превышающих величины уровня вмешательства не выходят за пределы внешнего барьера безопасности даже при максимальных определенных коэффициентах фильтрации

# ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА:

- 1. В настоящее время проводятся работы по сооружению барьера безопасности на выведенном из эксплуатации хранилище ЖРО имеющим на порядок больший объем.*
- 2. Для создания барьеров безопасности разрабатываются другие композиции с повышенной понижающей способностью.*
- 3. Ведутся работы по созданию модификаторов, связывающих радионуклиды, которые мигрируют в анионной форме.*
- 4. Ведутся работы по ускорению процесса денитрификации загрязненных вод.*



ТОПЛИВНАЯ КОМПАНИЯ РОСАТОМА

**ТВЭЛ**



**ОАО «Сибирский  
химический комбинат»**

**ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ РОСАТОМ**

---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

