

ОАО «ОДЦ УГР»



БАРЬЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ

В.А. Кузов¹, А.М. Измestьев¹, С.Г. Котляревский¹, А.О. Павлюк¹, Е.В. Захарова², А.А. Меняйло²

¹ОАО «ОДЦ УГР», г.Северск

²Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН, Москва

Вывод из эксплуатации

В соответствии с принятой «Концепцией вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно безопасного захоронения на месте», утвержденной 28.12.2009 в Госкорпорации «Росатом», для локализации радионуклидов объект захоронения должен иметь систему барьеров:

естественных

инженерных

Породы, вмещающие хранилища скальные трещиноватые, глины

Противофильтрационные вертикальные и горизонтальные завесы из полимерных материалов, «стена в грунте»

Противомиграционные органические и неорганические сорбенты, биосорбенты

Комплексные

При радиационно-безопасном захоронении ПУГР:

Материалы, используемые для создания геотехногенных барьеров, должны быть совместимы с геологической средой, окружающей объект захоронения. В противном случае образуется неравновесная система, в которой начнутся процессы, направленные на достижение геохимического равновесия с геологической средой, в которой размещен объект, подлежащий захоронению.

Основные требования, предъявляемые к барьерным материалам:

- низкая водопроницаемость**
- селективность по отношению к токсичным компонентам**
- стабильность свойств на период эксплуатации**
- пластичность**
- достаточная несущая способность**
- доступность**
- экономическая обоснованность**

Для атомной промышленности:

- высокая сорбционная способность по отношению к радионуклидам, в первую очередь, актинидам**
- отсутствие компонентов, способных повышать мобильность радионуклидов при эксплуатации барьера**
- стабильность свойств барьера в различных по уровню водонасыщенности породах**
- регулируемое изменение вязкости (от 1 до ∞ сП)**
- экологическая безопасность**

Подходы к выбору природных материалов, пригодных для использования в качестве защитных внутренних барьеров ПУГР:

гранулометрический состав (преимущество имеют глинистые породы с «тяжелым» гранулометрическим составом);

минералогический состав (присутствие в илистой фракции монтмориллонита и смешаннослойных минералов; наличие Fe-содержащих и глинистых пленок на поверхности зерен минералов крупных фракций; минимальное содержание карбонатов);

воднофизические свойства (отстаивание, растекаемость, подвижность);

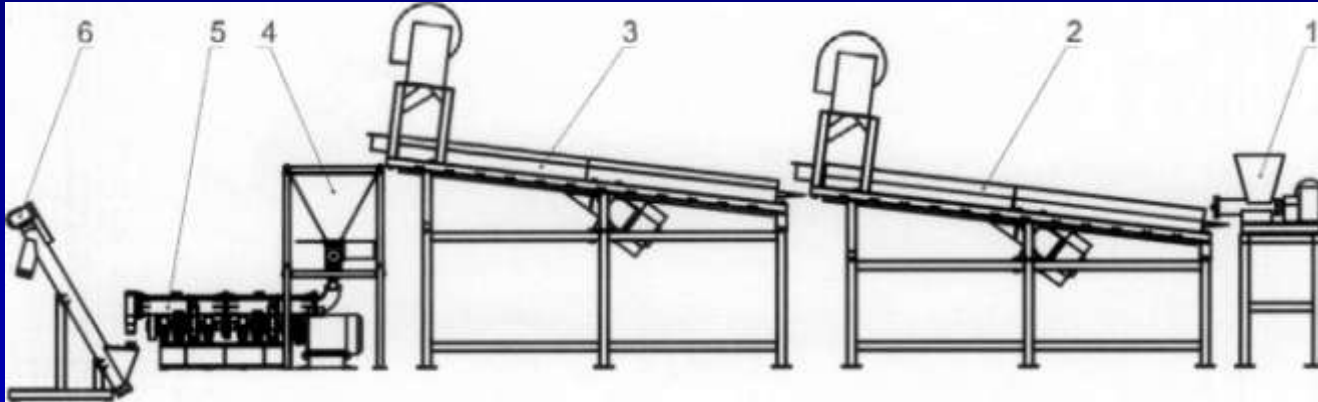
емкость катионного обмена (преимущество имеют глинистые породы с «тяжелым» гранулометрическим составом);

сорбционные свойства (неселективность по отношению к элементам с различными химическими свойствами);

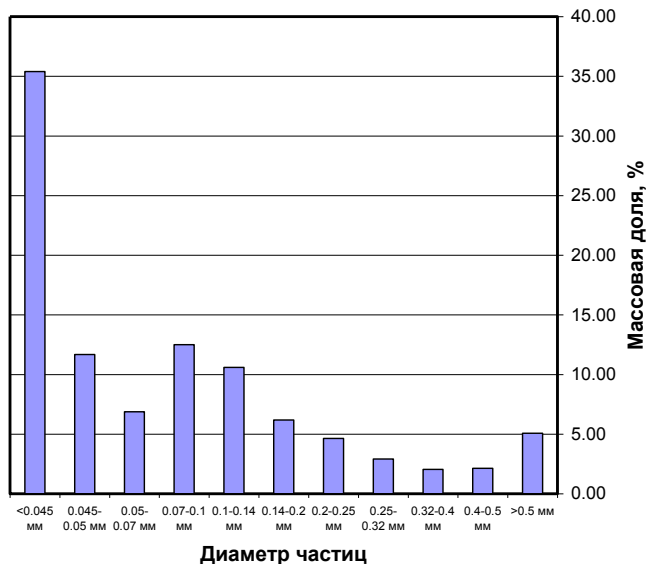
диффузия (тяжелые суглинки, глины, высокое содержание в размоле частиц с размером $>0,01$ мм)

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Подготовка глины



Состав комплекса АСПК100. Помольный комплекс состоит из гранулятора (1), сушилки (2), транспортера-охладителя (3), питателя-дозатора (4), центробежно-эллиптической мельницы (5), выгрузки (6), блока управления.



Характеристики глины после подготовки:
Массовая доля частиц <0,1 мм – 65-70%.
Влагосодержание - <1% непосредственно после помола; <5% при дальнейшем хранении на воздухе.

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Последовательность работ по созданию барьеров в шахте ПУГР

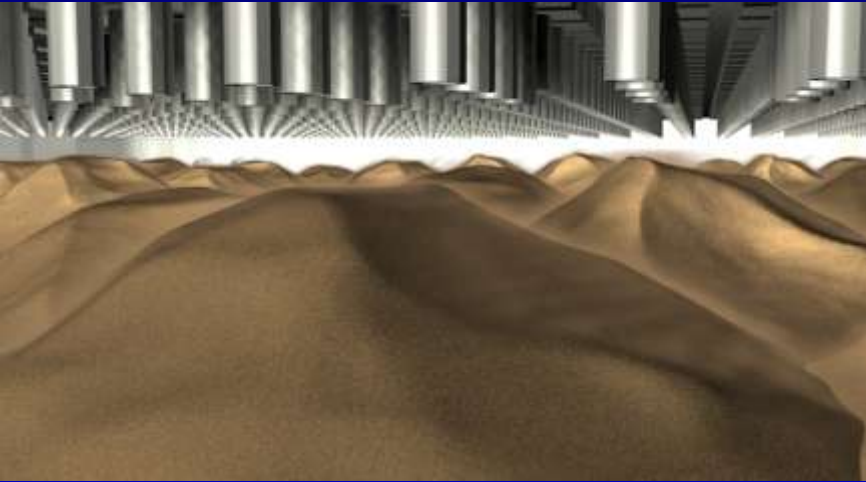


- заполнение глиняными смесями пространства между схемами «ЭР»/«Р» и «О»;
- заполнение глиняными смесями схемы «О» и междифрагменного пространства;
- заполнение глиняными смесями пространства между кожухом реактора и внутренней стенкой схемы «Л» от схемы «КЖ» до кровли графитовой кладки;
- заполнение глиняными смесями трактов технологических каналов;
- заполнение глиняными смесями надреакторного пространства.

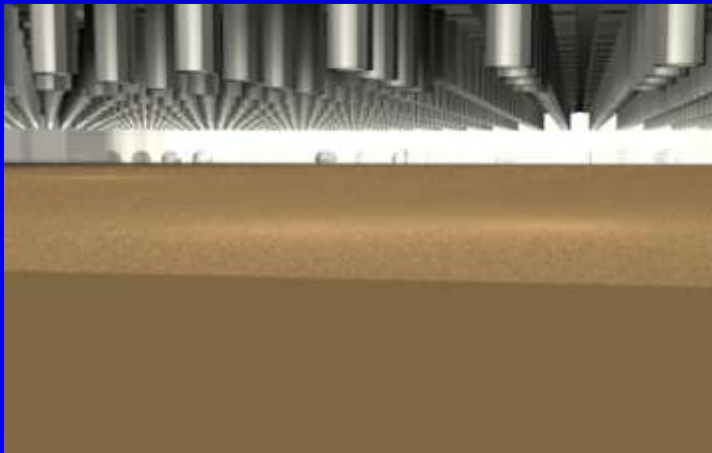
Поперечный разрез здания ПУГР (на примере ПУГР ЭИ-2)

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Заполнение глиняными смесями пространства между схемами «Р» и «О»



Наполнение пространства от верхней отметки схемы «Р» до нижней отметки схемы «О» сухим барьерным материалом

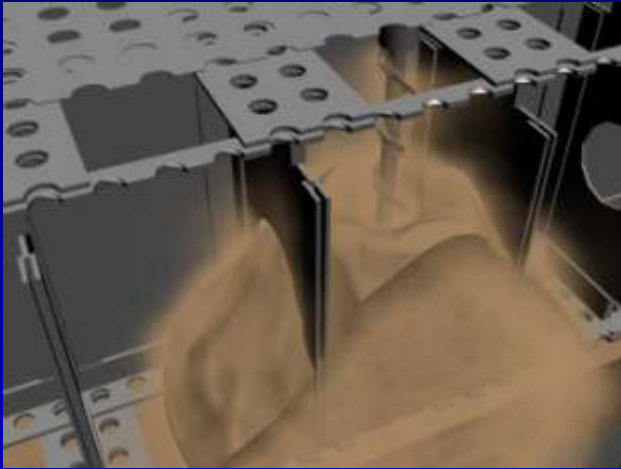


Уплотненный слой барьерного материала в пространстве от верхней отметки схемы «Р» до нижней отметки схемы «О»

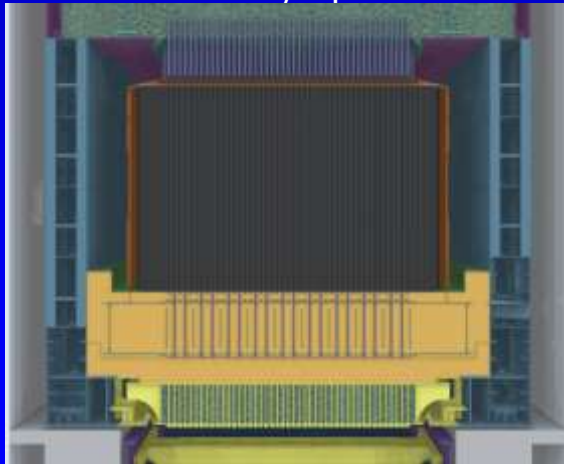
- удаление участка тракта технологического канала реактора от верхней отметки схемы «Р» до нижней отметки схемы «О»;
- засыпка с виброуплотнением подреакторного пространства от верхней отметки схемы «Р» до нижней отметки схемы «О» барьерным материалом;
- осуществление видеонаблюдения и контроля работ по удалению участков тракта технологического канала и засыпки подреакторного пространства от верхней отметки схемы «Р» до нижней отметки схемы «О» барьерным материалом.

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Заполнение глиняными смесями схемы «О» и междиафрагменного пространства



Засыпка барьерным материалом схемы «О» посредством шнекового устройства



Вид на подреакторное пространство схемы «О», междиафрагменное пространство, заполненное барьерным материалом, и на смежные схемы ПУГР

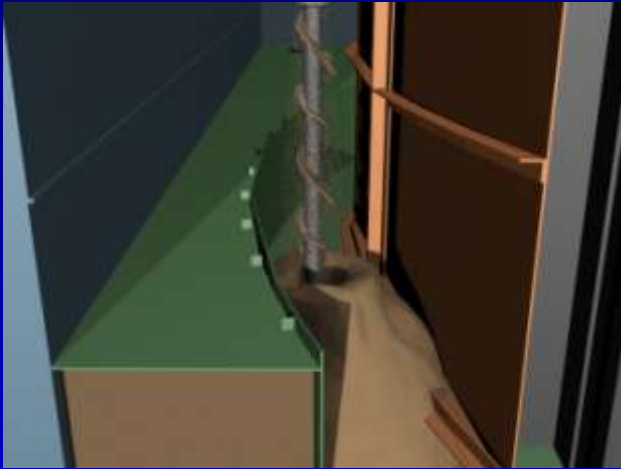
Технология заполнения барьерным материалом металлоконструкций схемы «О» и междиафрагменного пространства от нижней диафрагмы до схемы «КЖ» и верхней диафрагмы предполагает удаление из пространства схемы «О» части трактов технологических каналов реактора и заполнение барьерным материалом схемы «О» и междиафрагменного пространства.

Засыпка рассматриваемого объема в зоне расположения трактов производится посредством шнекового устройства, установленного на отметке 0,000 м. Подача заполняющей смеси осуществляется через тракты по шнековой трубе.

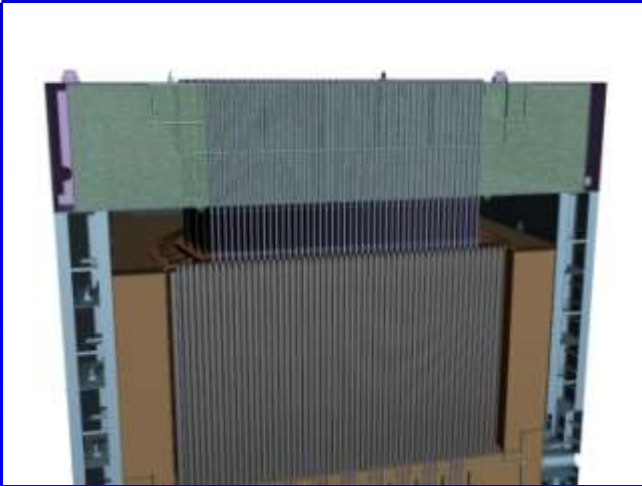
Засыпка рассматриваемого объема вне зоны расположения трактов производится через направляющие трубы, установленные в обсадные трубы плитного настила схемы «Е».

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Заполнение пространства между кожухом реактора и внутренней стенкой схемы «Л» от схемы «КЖ» до кровли графитовой кладки



Засыпка смеси в пространство между кожухом реактора и схемами «Л»

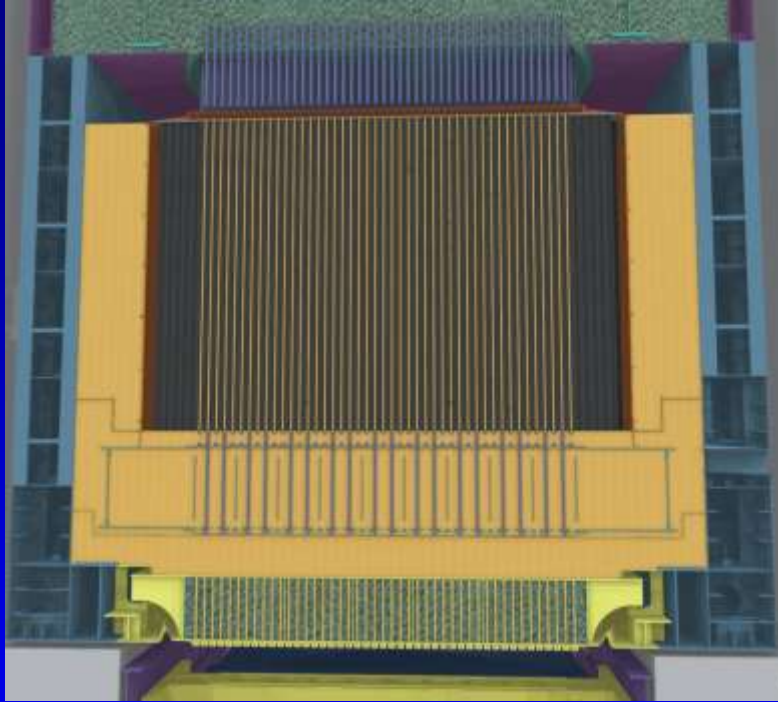


Вид на пространство между кожухом и внутренней стенкой схемы «Л» от схемы «КЖ» до кровли графитовой кладки, заполненное барьерным материалом, и на смежные схемы ПУГР

Заполнение барьерным материалом пространства между кожухом реактора и внутренней стенкой схемы «Л» от схемы «КЖ» до кровли графитовой кладки производится посредством шнекового устройства с приводом от сверлильного станка, установленного на отметке 0,000 м и без использования шнекового устройства через направляющие трубы, установленные в обсадные трубы плитного настила схемы «Е». Засыпка барьерным материалом пространства между кожухом реактора и внутренней стенкой схемы «Л» от схемы «КЖ» до кровли графитовой кладки осуществляется без использования шнека через направляющие трубы, установленные в обсадные трубы плитного настила схемы «Е».

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Заполнение трактов технологических каналов реактора до кровли реактора



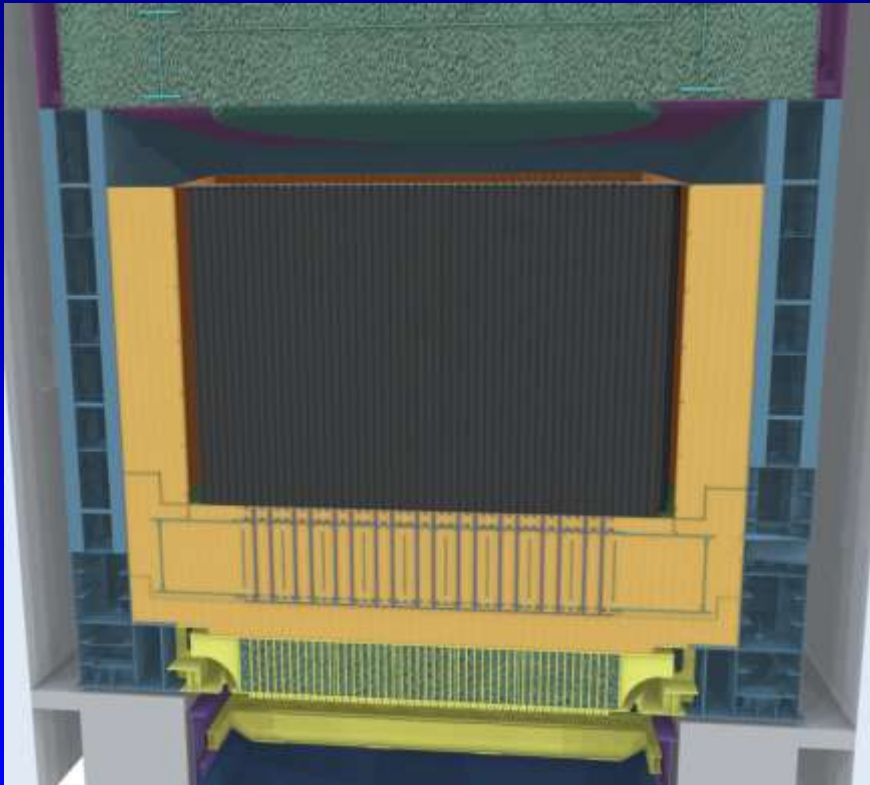
Вид на технологические каналы реактора, заполненное барьерным материалом до кровли графитовой кладки, и на смежные схемы ПУГР

Заполнение технологических каналов реактора барьерным материалом производится в следующей последовательности:

- 1) Установка воронки в тракт технологического канала.
- 2) Подача сухого барьерного материала в воронку тракта технологического канала вручную.
- 3) По вертикали засыпка осуществляется послойно (2 - 3 слоя) до уровня кровли реактора. Каждый слой по мере заполнения уплотняется.
- 4) Удаление воронки из тракта технологического канала.
- 5) Аналогично осуществляется засыпка барьерного материала во все остальные технологические каналы.

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

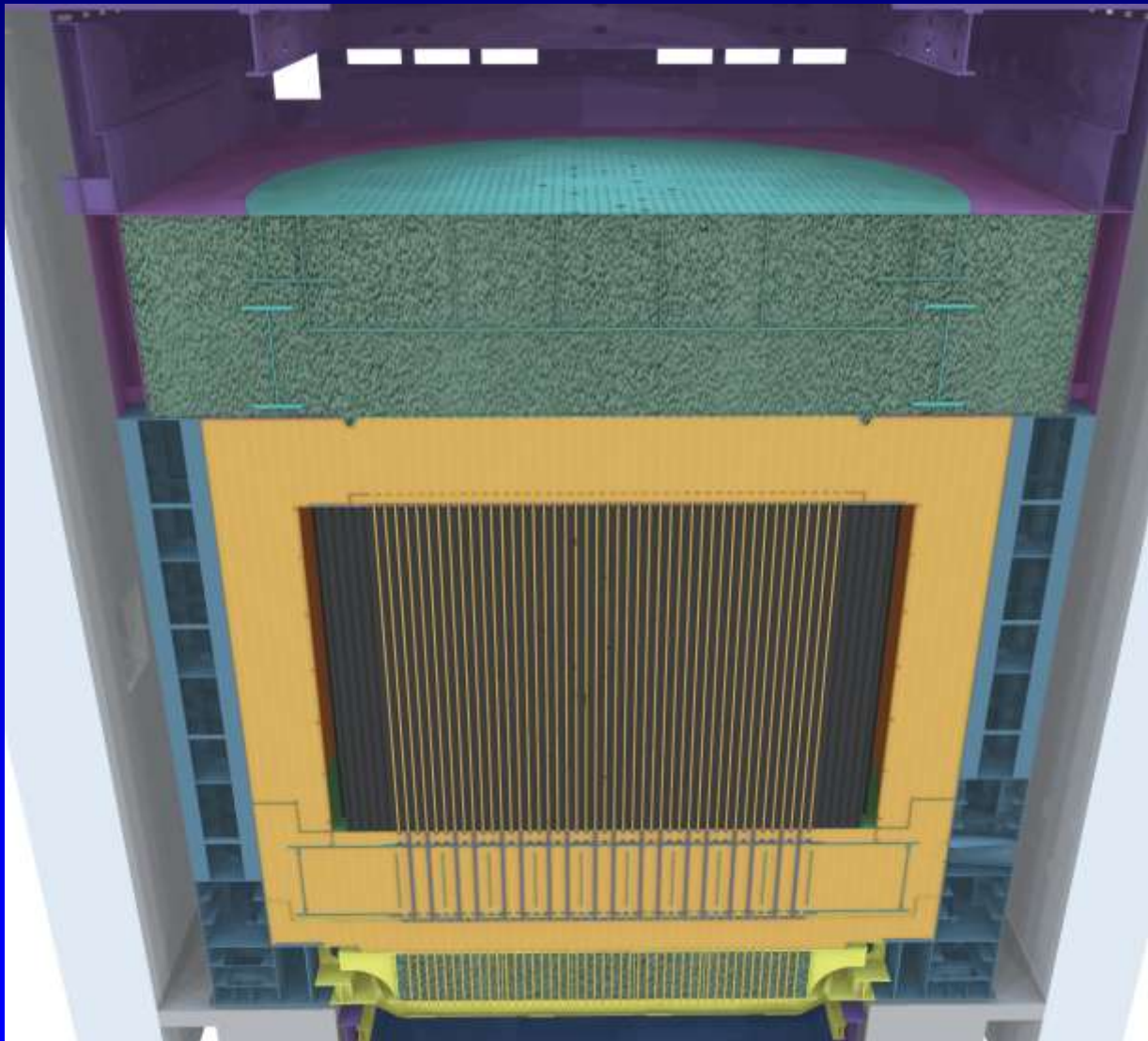
Заполнение барьерным материалом надреакторного пространства



Технология заполнения барьерным материалом надреакторного пространства внутри схемы Л, от схемы кровли графитовой кладки до низа схемы «Е» предполагает удаление из пространства над кровлей графитовой кладки до низа схемы «Е» всех трактов технологических каналов и заполнение барьерным материалом надреакторного пространства и технологических каналов в схеме «Е» вручную без использования шнекового инструмента.

Вид на надреакторное пространство с удаленными трактами

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ



Вид на шахту ПУГР с созданным защитным барьером

МАКЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПОЛОСТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

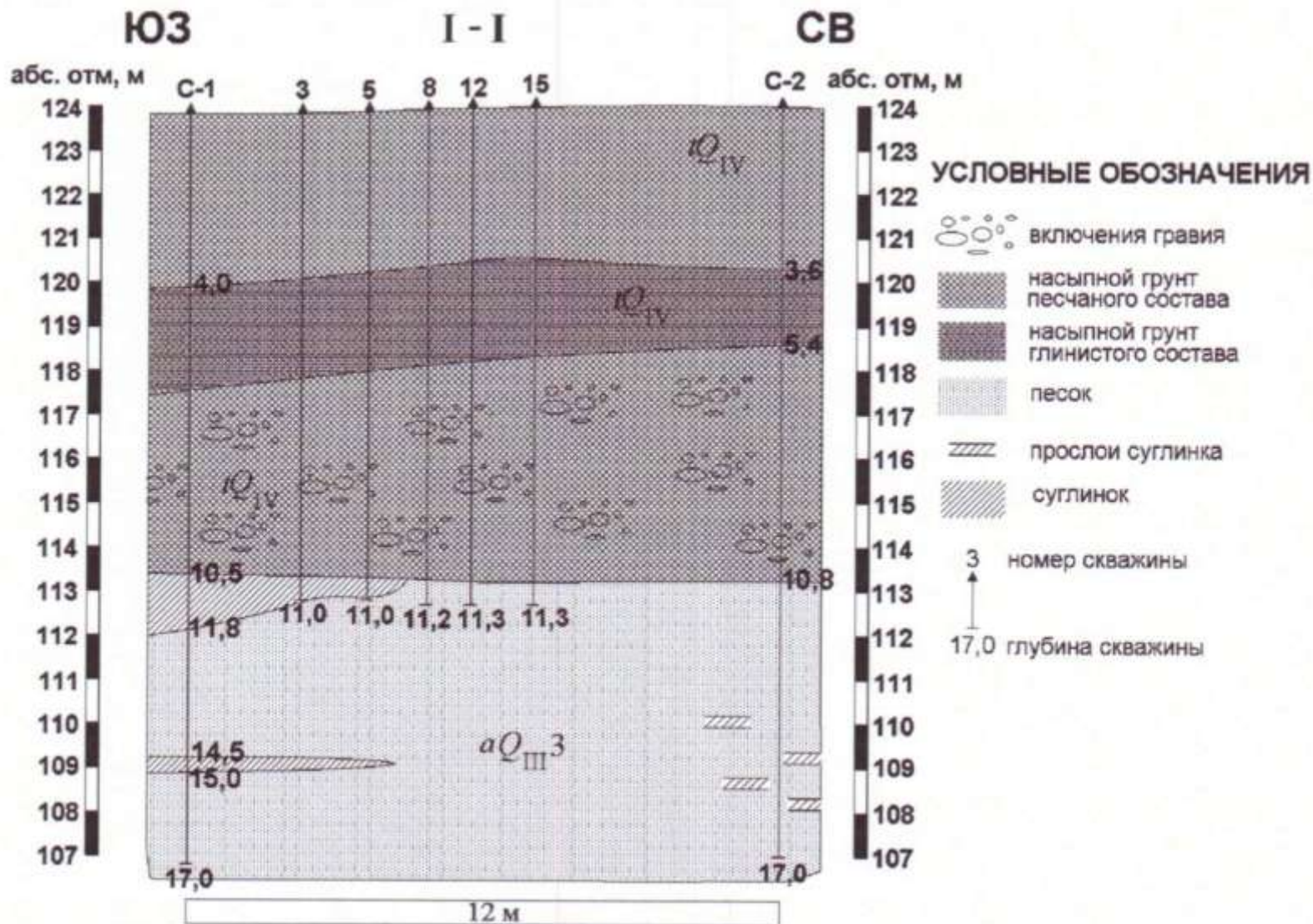


В ходе проведения испытаний было установлено, что «холм» равномерно «обтекает» трубы ТК. Существенного влияния на заполнение пространства трубы ТК, установленные с шагом 200 мм, не оказывают.

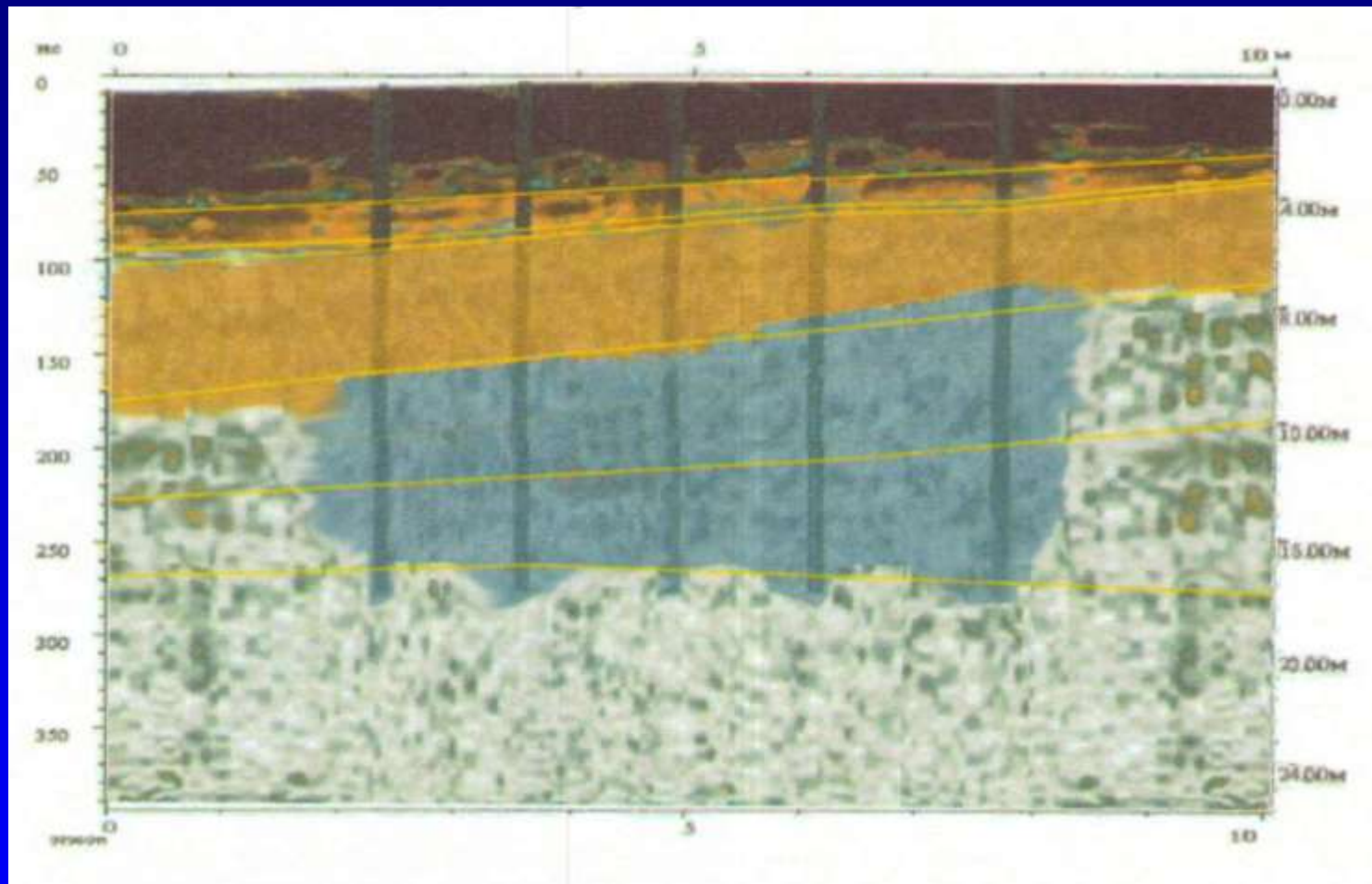
ЗАПОЛНЕНИЕ КЦТК



СОЗДАНИЕ ВНЕШНЕГО БАРЬЕРА БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОГЕННОМ ГРУНТЕ



РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОРАДАРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ЗОНЕ ПОСТАНОВКИ БАРЬЕРА



Мощность поставленного барьера – около 5 метров
Коэффициенты фильтрации: исходного грунта – 10,6 м/сут, после
нагнетания кольматирующего раствора - 4×10^{-2} м/сут.

Результаты расчетной оценки радиационного воздействия на население и окружающую среду захороненного на месте промышленного уран-графитового реактора ЭИ-2:

- В части миграции радионуклидов за пределами инженерных барьеров до места разгрузки грунтового водоносного горизонта в р. Томь: прогнозируемая удельная активность для всего списка радионуклидов (Ni-59, Ni-63, Pa-231, Ac-227, U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Pu-239, Pb-210, Am-241, Np-237, Th-229, H-3, Sm-151, Eu-154, Zr-93, Sr-90, Pd-107, U-236, Cs-137, Sr-90, Pu-238, Pu-240, Cm-244, Sb-125, Th-232) незначительна (менее 10^{-3} Бк/кг) на данном расстоянии на весь период моделирования (10000 лет).
- В части прогнозирования доз облучения критической группы населения по сценарию нормальной эволюции системы захоронения:
 - не прогнозируется превышение 1 и 0,3 мЗв на весь период моделирования.
- При любом сценарии эволюции системы захоронения:
 - не прогнозируется превышение УВ для C-14;
 - не прогнозируется превышение УВ для Cl-36.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**