**Численное моделирование в задачах переноса радиоактивных веществ в трещиновато-пористых средах**

###### С.А. Богатов1, Ф.В. Григорьев1

*1ИБРАЭ РАН, г. Москва*

*эл. почта: grig-fedor@ibrae.ac.ru*

В настоящее время в качестве одной из альтернативных концепций захоронения РАО класса 1 на участке «Енисейский» рассматриваются так называемые «супер контейнеры» (СК), размещаемые в вертикальных скважинах в цементной заливке. СК представляет собой металлическую оболочку из низкоуглеродистой стали (возможно – с медным покрытием), где в закладке из блоков компактированного бентонита размещается первичная упаковка с РАО класса 1 (РАО-1) – бидон(ы) с остеклованными высокоактивными радиоактивными отходами [1].

Задачей данной работы была оценка ухудшения барьерных свойств новой концепции по сравнению с «классической», когда контейнер находится в скважине в окружении компактированного бентонита. Проведено последовательное сравнение «классической» модели, рассматривающей размещение содержащего консервативную несорбируемую примесь бентонитового блока в скважине, пересекаемой водопроводящей трещиной, и концепции СК, когда тот же бентонитовый блок в скважине оказывается окруженным водопроницаемым материалом.

Рассматривались два значения скорости водного потока в пересекающей скважину трещине (с раскрытием 0,5 мм) – 1 м/год и 20 м/год. Первое значение соответствует относительно ненарушенной горной породе, второе – крупной водопроводящей трещине, которая, скорее всего, будет не соответствовать критериям приемлемости горных пород для размещения скважин захоронения РАО-1. Показано, что в зависимости от скорости водного потока в трещине максимальное значения выхода консервативной несорбируемой примеси в концепции СК увеличится примерно в 3 – 10 раз. Увеличение выхода радионуклидов на данном этапе можно рассматривать как приемлемое по сравнению с имеющимися на данный момент иными неопределенностями концепций захоронения.

Корме того, в работе проводилось сравнение расчетов на основе решения уравнения адвекции-диффузии с точным воспроизведением трехмерной геометрии контейнера в расчетном коде GeRa [2] и инженерных подходов, использующих аналитические оценки, реализованных на программном средстве GoldSim [3]. Получено удовлетворительное совпадение результатов, позволяющее оценивать применимость и точность инженерных подходов в предварительных оценках безопасности. Данная работа также может рассматриваться как часть кросс-верификации программных средств GeRa и GoldSim.

Для моделей, построенных в GeRa, исследована сеточная сходимость. Показана важность точного разрешения градиента концентрации примеси в области, непосредственно примыкающей к трещине.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Богатов С.А., Крючков Д.В., Павлов Д.И., Сыченко Д.В. Анализ различных концепций захоронения РАО класса 1 в кристаллических породах. Журнал РАО №3(12), 2020 – сс. 66-77.
2. Капырин И. В., Иванов В.А., Копытов Г.В., Уткин С.С.. Интегральный код GeRa для обоснования безопасности захоронения РАО // Горный журнал – 2015 – №10 – С. 44-50.
3. GoldSim Technology Group, “User's Guide. GoldSim Contaminant Transport Module,” 2010 – 383 p.