

ОТЗЫВ

на диссертационную работу **Неуважаева Георгия Дмитриевича** на тему «Разработка и параметрическое обеспечение расчетных моделей для обоснования долговременной безопасности пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (участок «Енисейский»)), представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность исследований.

Диссертационная работа Г.Д. Неуважаева посвящена созданию прогнозных гидрогеологических моделей и их параметрическому обеспечению для обоснования долговременной безопасности пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО) в Красноярском крае на участке «Енисейский». ПГЗРО на участке «Енисейский» является пилотным проектом для ГК «РОСАТОМ». В ПГЗРО предполагается размещение отходов 1-2 класса ВАО и ОЯТ. Период жизни складываемых отходов будет превышать 1 млн. лет.

Обеспечение долговременной безопасности инженерного объекта на такой продолжительный срок является нетривиальной задачей. Как правило, прогнозы долговременной безопасности для таких объектов выполняются на гидрогеологических моделях. Очевидно, что от параметрического обеспечения моделей и достоверности используемых в них параметров будут зависеть результаты расчетов. Таким образом, актуальность рассматриваемой работы не вызывает сомнений.

Научная новизна работы.

Г.Д. Неуважаевым была создана гидрогеологическая модель, которая детально учитывала геологические особенности расположения объекта. По результатам калибровки модели автором были получены фильтрационные параметры для основных элементов геологического строения.

Впервые были выполнены расчеты долговременной миграции радионуклидов в пределах участка «Енисейский» с учетом различных вариантов размещения разрывных нарушений, позволившие оценить влияние их местоположения на безопасность ПГЗРО. При выполнении расчетов использовались 3D модели на основе различных концепции описания геологической среды: дискретной среды (DFM – Discrete Fracture Matrix) и пористой среды (EPM – Equivalent Porous Medium).

Практическая ценность работы.

Параметры геологической среды, а также результаты модельных прогнозов могут быть использованы для подготовки отчета по обоснованию долговременной безопасности ПГЗРО на участке «Енисейский».

Замечания и пожелания по работе.

Рецензенты вынуждены отметить некоторую ограниченность использованных математических моделей и недостатки предпосылок схематизации гидрогеологических условий участка. В частности:

1. При создании двухмерной плановой модели на аналитических элементах автор подробно описывает преимущества и недостатки данного подхода (АЕМ). В качестве

недостатка автор справедливо отмечает, что при использовании АЕМ модели задача фильтрации может быть решена в однослойной постановке для стационарных условий. Это ограничивает возможности применения АЕМ моделей применительно к участку «Енисейский». Хорошо известно, что на данном участке верхняя часть разреза является проводящей, а с глубин более 200 м коэффициенты фильтрации вмещающей среды резко уменьшаются. В таких условиях, при наличии инфильтрационного питания и дренирующих рек (зон разгрузки) происходит разделение потоков подземных вод. Структура потока в верхней более проницаемой части разреза контролируется рельефом поверхности и дренируется мелкими реками, а структура потока на глубинах более 200 м определяется уже региональными факторами. Таким образом, вполне вероятно, что на исследуемом участке направление потока в верхней части разреза может контролироваться р. Шумиха, а на целевом интервале будет определяться р. Енисей и движение будет направлено в другую сторону. Использование однослойной модели не позволяет корректно воспроизвести эффекты разделения потока, поэтому вывод автора на стр. 47 диссертации о том, что: “...проведенные расчеты позволяют считать, что основное направление подземных вод – на северо-северо-восток в сторону р. Шумиха” является не вполне убедительным и принципиальным образом может повлиять на оценку долговременной безопасности. Для справки: длина пути миграции от целевого интервала до зоны разгрузки в р. Шумиха составляет несколько сотен метров, а до р. Енисей несколько километров.

2. При описании профильной двухмерной модели автор указывает на то, что во время калибровки, помимо фильтрационных параметров, также подбирался расход на левой границе для каждого элемента. В этой связи, нам не вполне понятно, каким образом удалось получить фактические данные расходов на левой границе, использованные автором при калибровке модели.

3. Принятый автором методический подход, основанный на отождествлении элементов геологической структуры с зонами фильтрационной неоднородности при построении геофильтрационной модели с последующей ее калибровкой для каждого элемента, представляется рецензентам не вполне оправданным. Хорошо известно, что коэффициенты фильтрации в скальных породах, как правило, не контролируются петрографическим составом пород. Гораздо более существенное влияние оказывает фактор трещиноватости, глубины заложения, пересечения нескольких структур в одном месте, тензор тектонического напряжения и многие другие. Именно поэтому при исследовании трещиноватых массивов так важно выявить главные признаки, которые определяют и могут помочь предсказать облик фильтрационной неоднородности массива.

Некоторые частные положения диссертационной работы также представляются авторам отзыва дискуссионными.

1) На стр. 51 диссертации ее автор утверждает, что “*по опытно-фильтрационным работам коэффициенты фильтрации могут изменяться на несколько порядков, в основном это зависит от степени трещиноватости горных пород*”. Это не всегда так, довольно часто отмечается слабая зависимость этого параметра от модуля трещиноватости пород. Например, на участке «Енисейский», по нашим представлениям, зоны повышенной трещиноватости плохо коррелируют с результатами поинтервальных откачек. Отмечается лишь общий тренд – резкое уменьшение проницаемости массива с глубиной.

2) На стр. 42 автор пишет: *“Изучение гидрогеологических условий в районе ПИЛ, которые представлены на гидрогеологической карте и разрезе (см. рисунок 2.1.15), позволяет считать, что основные структурные элементы имеют северное простирание и крутое падение (около 70°) на восток”*. Наш анализ разреза на рис 2.1.15, показывает, что, наряду с выделенными автором, существуют структурные элементы, имеющие и значительно более пологие углы падения.

3) На стр. 40 диссертации автор утверждает, что *“полученные результаты показывают, что направление потока подземных вод коррелирует с простиранием основных тектонических структур участка, ориентировано в плане на северо-северо-восток, а его разгрузка приурочена к локальной дрене — р. Шумиха”*. Это находится в некотором противоречии с ранее высказанным мнением, о том, что расположение и ориентировка тектонических структур участка, также как и структура потока подземных вод, на данный момент, изучена крайне слабо и не может быть однозначно интерпретирована. Таким образом, вывод автора о разгрузке потока в р. Шумиха следует признать в качестве одной из возможных гипотез, требующей дальнейшего подтверждения.

4) Отдельный раздел в диссертации Г.Д. Неуважаева посвящен поинтервальному опробованию глубоких скважин для изучения профиля фильтрационной неоднородности массива по глубине. Автор приводит подробное описание методики проведения подобных работ в других странах на объектах-аналогах. К сожалению, использованная автором методика проведения работ и интерпретации результатов на участке «Енисейский» отличается от апробированной ранее в других странах. В частности, в использованном автором решении Б.С. Шержукова есть несколько недостатков: отсутствие вертикального расстояния, показывающего положение фильтра в разрезе, и наличие комплексного параметра (обобщенное сопротивление скважины). Нам кажется, что автору было бы полезно выполнить обработку опытных откачек по другим не менее известным решениям, которые математически более точно описывают экспресс-опробование в несовершенной по степени и характеру вскрытия скважине. Хотя, справедливости ради, необходимо отметить, что, в силу технических причин геологоразведочного процесса, не зависящих от автора, и весьма низкой проницаемости пород, из всего массива данных поинтервальных исследований однозначной интерпретации поддается только незначительная часть из них, преимущественно, это данные о восстановлении уровня в стволе скважины, объединяющем несколько фильтрующих интервалов, или в «надпакерной» зоне. Таким образом, следующие этапы гидрогеологического изучения участка строительства ПГЗРО должны учитывать недостатки полевых опытов, выявленные в рамках данной диссертационной работы.

Заключение по работе.

Несмотря на дискуссионный характер некоторых выводов, полученных Г.Д. Неуважаевым в ходе выполнения диссертационной работы, проведенное исследование отличается оригинальностью, обобщает значительный объем полевых данных, развивает теоретические представления о геомиграционных процессах на участке «Енисейский», а также вносит определенный вклад в методику интерпретации полевых опробований.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертационной работы. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК и написана грамотным профессиональным языком.

По своему содержанию диссертационная работа Г.Д. Неуважаева соответствует специальности 05.14.03 и отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.



Член-корр. РАН, доктор геолого-минералогических наук, директор СПбО ИГЭ РАН, Румынин В.Г. (rumynin@hgepro.ru).



Кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией экспериментальной гидрогеологии и геомеханики СПбО ИГЭ РАН, Никуленков А.М. (annik@hgepro.ru).

Подписи директора СПбО ИГЭ РАН Румынина В.Г. и зав. лаб. экспериментальной гидрогеологии и геомеханики СПбО ИГЭ РАН, Никуленков А.М. заверяю.

19.09.2022 г.



Зав. ОК Димитраш Е.Н.

М.П.