

## Отзыв

на диссертационную работу Сускина Виктора Викторовича  
«Разработка и обоснование расчетной модели анализа безопасности пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов «полигон «Северный», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»

Диссертационная работа посвящена оценке безопасности пункта глубинного захоронения ЖРО – полигон «Северный» (г. Железногорск, Красноярский край) методом численного моделирования гидродинамических и миграционных процессов.

Проблема оценки безопасности этого полигона несомненно актуальна по нескольким причинам: на этом полигоне захоронено основное количество жидких РАО, образовавшихся за время эксплуатации Горно-химического комбината – крупного предприятия ГК «Росатом»; технология закачки ЖРО в глубокие горизонты действует до настоящего времени, несмотря на критическое отношение к ней как со стороны части научного сообщества, так и МАГАТЭ; моделирование гидродинамических и миграционных процессов наряду с геотехнологическим мониторингом является важным, и, для получения численных характеристик ряда параметров, незаменимым элементом в оценке безопасности пунктов глубинного захоронения.

Выбор объекта исследования обоснован как интересом к этой проблеме, проявленной руководством Горно-химического комбината, так и тем, что экспертами МАГАТЭ были разработаны ряд рекомендаций и замечаний, в т.ч. по моделированию процессов в пластах-коллекторах, требующих устранения.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, объемом 133 страницы, включая 65 рисунков, 23 таблицы.

В первой главе дан краткий обзор закачки промышленных отходов за рубежом и жидких РАО на действующих российских полигонах (ГХК, НИИАР, СХК); выполнен анализ предшествующих работ по моделированию миграции РАО на полигоне «Северный», выявлены основные недостатки выполненных моделей.

Во второй главе выполнен анализ природных факторов в районе расположения полигона «Северный»; обоснован перечень процессов, которые учитываются при создании модели и приведены их математические модели; дано

краткое описание созданной базы данных по результатам мониторинга на полигоне, которая будет использована для верификации трехмерной модели; обосновано распределение неоднородного инфильтрационного питания в границах модели.

В третьей главе представлена разработанная автором фильтрационно-геомиграционная модель: структура, граничные условия, фильтрационные, емкостные, миграционные и сорбционные параметры. В главе обосновывается неоднородность пространственного распределения коэффициента фильтрации в слоях модели, значения величин мобильной и иммобильной пористости, коэффициента массообмена между мобильными и иммобильными порами. Полученные модельные результаты сравниваются с данными мониторинга.

В четвертой главе выполнен анализ неопределенности имеющихся данных как по закачке отходов, так и по гидрохимическому мониторингу, выполнена отбраковка некоторых результатов из верификации; выполнен анализ чувствительности модели к фильтрационным свойствам, в том числе Правобережного тектонического разлома, и верификация разработанной модели.

Научная значимость диссертационной работы Сускина В.В. заключается в следующем:

- на современном научно-техническом уровне разработана геофильтрационная-геомиграционная модель для сложного по геолого-гидрогеологическому строению полигона захоронения жидких РАО;
- расчетная область моделирования впервые расширена до природных границ области естественной разгрузки подземных вод;
- обоснованы фильтрационные параметры неоднородных слоев модели, основанные на результатах опытно-фильтрационных работ в скважинах с последующей калибровкой модели, позволившие с приемлемой точностью воспроизвести историю эксплуатации полигона;
- впервые для полигона в описании массопереноса «Северный» использована модель с двойной пористостью;
- проведен анализ неопределенностей фактических данных по мониторингу полигона с отбраковкой некачественных значений.

Практическая значимость диссертационной работы Суслина В.В. состоит в разработке и апробировании программного средства «ГЕОПОЛИС», которое аттестовано «Ростехнадзором» РФ и может применяться для оценки безопасности захоронения жидких РАО на полигоне «Северный» в эксплуатационный и постэксплуатационный периоды, включая оценку последствий аварийных сценариев.

Наряду с этим к диссертации Сускина В.В. имеются следующие замечания.

1. По первому защищаемому положению. Не ясно почему из верификации модели исключены последние 10 лет эксплуатации полигона и период ограничен 2011 г.; в тексте работы в явном виде не представлены замечания и предложения по организации мониторинга на основе сравнений результатов наблюдений и моделирования, что могло бы быть полезным для эксплуатирующей организации.

2. По второму защищаемому положению. Непонятны результаты оптимизации коэффициентов фильтрации выделяемых в модели литологических разностей пород, слагающих эксплуатационные горизонты: крупнообломочные разности пород в I горизонте регулярно имеют более низкие коэффициенты фильтрации, чем мелкозернистые разности. После калибровки коэффициентов фильтрации в I эксплуатационном горизонте горизонтальный коэффициент фильтрации принимается равным вертикальному, во II эксплуатационном горизонте горизонтальный коэффициент фильтрации на два порядка превышает вертикальный. Целесообразно дать пояснение полученным результатам.

3. По третьему защищаемому положению. Результаты геофильтрационных расчетов достаточно прилично верифицируются по режиму уровней эксплуатационных горизонтов (относительная погрешность модели 3.2%). При этом получены существенные расхождения с наблюдаемыми результатами по миграции не только сорбируемого  $^{90}\text{Sr}$ , но и несорбируемого нитрата. Возможно причина этих расхождений связана с принимаемыми весьма низкими значениями активной пористости (0.02) и коэффициента массообмена между активными и пассивными порами ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ сут}^{-1}$ ). Ссылки на консервативность подхода при выявленных различиях при эпигнозном моделировании недостаточно. Нужны объясняющие комментарии.

Несмотря на замечания, общая оценка диссертационной работы - положительная. Выносимые в диссертационной работе Сускина В.В. на защиту положения обладают научной новизной и в достаточной степени обоснованы. Основные защищаемые положения опубликованы, апробированы на российских и международных конференциях.

Диссертационная работа представляет собой законченное оригинальное исследование, сочетающее аналитические методы исследования с расчетно-экспериментальными, что имеет важное научное и прикладное значение. Дис-

сертификация В.В. Сускина удовлетворяет требованиям, установленных «Положением о порядке присуждения ученых степеней» утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, паспорту специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации», а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Главный геолог АО «СХК»,  
кандидат геолого-минералогических наук,

А.А. Зубков

  
09.06.2022

подпись главного  
АО «СХК» удостоверяю

ИНСПЕКТОР  
ПО КАДРАМ

10.06.2022



