

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию  
Понизова Антона Владимировича  
«Комплексный подход к обоснованию решений по закрытию пунктов  
глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование,  
эксплуатацию и вывод из эксплуатации»

### **Актуальность темы**

С 1963 г. в Российской Федерации реализуется практика глубинного захоронения ЖРО, заключающаяся в их контролируемом нагнетании через скважины в глубокозалегающие водоносные (эксплуатационные) горизонты, изолированные от поверхности земли толщей водоупоров. В настоящее время осуществляется эксплуатация трех пунктов глубинного захоронения низкоактивных и среднеактивных радиоактивных отходов (ПГЗ ЖРО): «Северский» (г. Северск, Томская область), «Димитровградский» (г. Димитровград, Ульяновская область) и «Железногорский» (г. Железногорск, Красноярский край).

Основное внимание в период создания и функционирования ПГЗ ЖРО уделялось их эксплуатационной безопасности – в процессе эксплуатации в границах горного отвода недр на постоянной основе выполнялись наблюдения за антропогенным воздействием на геологическую среду обусловленным захоронением ЖРО. Осуществлялся контроль за показателями давления, температуры, газовыделения в размещаемых отходах, а также контроль наличия и степени распространения ЖРО в вышележащих и эксплуатационных горизонтах соответственно.

Вопросы обеспечения безопасности ПГЗ ЖРО на период после их закрытия рассматривались только концептуально – на этапе создания были сформулированы основные положения, касающиеся последствий захоронения ЖРО и возможного воздействия на окружающую среду и человека в будущем. Одним из основных концептуальных положений являлся тезис о том, что естественные барьеры безопасности (геологическая среда) должны обеспечивать локализацию компонентов РАО и ограничивать воздействие на человека и окружающую среду за счет своих природных свойств. Детальных же проработок вопросов вывода из эксплуатации и необходимых для этого решений сделано не было.

Это подтверждается и результатами миссии МАГАТЭ, отметившей, что существенных пробелов в подходе к обеспечению безопасности при эксплуатации ПГЗ ЖРО не выявлено. Однако вопросы планирования закрытия таких пунктов требуют дополнительной детальной проработки. В частности, отсутствует подробная концепция закрытия ПГЗ ЖРО, включающая обоснование:

– выбора материалов для закрытия эксплуатационных скважин;

– отсутствия вертикальной миграции радионуклидов по открытым и негерметичным скважинам;

– длительности периода радиационного контроля и мониторинга системы захоронения РАО после закрытия ПГЗ ЖРО, а также величины расчетного периода при проведении прогнозных расчетов;

– работоспособности и безопасности скважин, задействованных в проведении мониторинга системы захоронения РАО после закрытия ПГЗ ЖРО.

Первоначальным проектом срок эксплуатации ПГЗ ЖРО был установлен не более 25 лет. Однако в связи с отсутствием альтернативной технологии отверждения и образованием большого объема ЖРО, а также с учетом положительного опыта применения практики глубинного захоронения ЖРО, срок эксплуатации ПГЗ ЖРО неоднократно продлевался. При этом, даже с учетом надлежащего технического обслуживания и текущего ремонта, состояние систем и элементов ПГЗ ЖРО к настоящему времени близко к предельному.

В соответствии с этим диссертационное исследование А.В. Понизова, посвященное обоснованию решений по закрытию пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов, является безусловно актуальным.

### **Научная новизна и практическая значимость исследований**

Диссертация А.В. Понизова характеризуется несомненной научной и практической ценностью. В ходе решения поставленных задач диссертант получил ряд новых научных данных, наиболее значимыми из которых являются следующие:

– разработан алгоритм отбора значимых факторов – особенностей, событий и процессов (ОСП) – которые необходимо учитывать при разработке сценариев эволюции системы захоронения РАО и обосновании ее долговременной безопасности с учетом природно-техногенной специфики ПГЗ ЖРО;

– изучен механизм заколонного перетока компонентов ЖРО по стволам скважин применительно к обоснованию долговременной экологической безопасности ПГЗ ЖРО и сформирована математическая модель заколонных перетоков, учитывающая режимы эксплуатации ПГЗ и его условия в постэксплуатационный период;

– определены зависимости физико-механических и изоляционных характеристик тампонажных материалов, используемых для ликвидации скважин ПГЗ ЖРО, от различных видов внешних воздействий, соответствующих условиям при выводе из эксплуатации ПГЗ ЖРО.

Практическое значение работы также не вызывает сомнений. В частности, по результатам выполнения работы:

– с использованием разработанного алгоритма были отобраны ОСП, важные с точки зрения обоснования безопасности ПГЗ ЖРО и формирующие сценарии нормальной и альтернативной эволюции системы захоронения;

– оценены границы и скорости распространения компонентов РАО при потенциально возможных сценариях заколонных перетоков по стволам скважин ПГЗ ЖРО «Железногорский» после его закрытия;

– по полученным перечням характерных для ПГЗ ЖРО ОСП впервые разработаны концептуальные положения к обоснованию решений по безопасному закрытию таких объектов и системе организационно-технических мер для обеспечения поэтапного безопасного закрытия ПГЗ ЖРО. Определены различия в подходах к работам для периодов закрытия и контроля.

Указанное научное и практическое значение результатов исследований для вывода из эксплуатации ПГЗ ЖРО подтверждается их использованием при:

– формировании и реализации Госкорпорацией «Росатом» Программы расчетно-экспериментальных исследований по обоснованию и оценке долговременной безопасности пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов в целях реализации рекомендаций миссии МАГАТЭ «Международное экспертное рассмотрение практики глубокой закачки жидких радиоактивных отходов в Российской Федерации»;

– разработке требований по обеспечению безопасности пунктов захоронения РАО, закрепленных федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии:

- «Требования к составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов» (НП-100-17).
- «Состав и содержание отчета по обоснованию безопасности пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов» (РБ-139-17) в части подготовки рекомендаций по выполнению оценки долговременной безопасности ПЗРО и обоснованию безопасности ПГЗ ЖРО.
- «Оценка долговременной безопасности пунктов глубинного захоронения радиоактивных отходов» (РБ-003-21).

### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

Обоснованность и достоверность результатов работы подтверждается использованием аттестованных методик расчета и стандартных методов экспериментального определения значений величин, а также хорошей сходимостью результатов моделирования с данными натурных измерений.

Результаты работы опубликовывались в рецензируемых журналах и прошли апробацию на заседаниях научно-технического совета ФБУ «НТЦ ЯРБ», Госкорпорации «Росатом» N 10 «Экология и радиационная безопасность» и N 5 «Завершающая стадия ядерного топливного цикла», научных конференциях и семинарах.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Результаты диссертационного исследования несомненно должны быть использованы как теоретическая база для реализации программ вывода из эксплуатации пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов. Кроме того, применение данных подходов при выводе из эксплуатации значительного числа площадок захоронения промышленных жидких токсичных отходов (не менее опасных, чем жидкие радиоактивные отходы) несомненно будет способствовать повышению безопасности в долгосрочной перспективе и таких объектов.

### **Краткая характеристика основного содержания диссертации**

Диссертационная работа А.В. Понизова изложена на 173 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Диссертационная работа проиллюстрирована 31 рисунком, 8 таблицами. Список литературы включает 114 источников.

Во введении автор описывает актуальность имеющейся научной проблемы, формулирует цель, задачи исследования.

**В первой главе** выполнен анализ результатов исследований в области обеспечения безопасности ПГЗ ЖРО, используемых математических моделей, принципов обеспечения его безопасности. Также в разделе детально охарактеризованы особенности геологических условий размещения ПГЗ ЖРО, состав его инженерно-технических сооружений, изолируемых РАО, что является обоснованным с позиции выработки и обоснованию решений по безопасному закрытию пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов. В качестве референтного объекта выбран ПГЗ ЖРО «Железногорский». В пользу признания ПГЗ ЖРО «Железногорский» референтным объектом свидетельствуют: – «корректно средние», по сравнению с ПГЗ ЖРО в г. Северске и г. Димитровграде, объемы и активности захороненных ЖРО; время эксплуатации ПГЗ ЖРО; наличие наиболее широкого числа технологических операций при удалении отходов (нагнетание под давлением, свободный налив, разгрузочные скважины и т. д.); геологические условия, усложненные наличием тектонического нарушения (Правобережный разлом) и близостью открытой гидросферы (река Енисей и ее притоки).

**Вторая глава** посвящена разработке системы особенностей, событий и процессов, важных для обоснования долговременной экологической приемлемости ПГЗ ЖРО.

Для этого разработан алгоритм отбора ОСП в районе и на площадке размещения ПЗРО, которые могут оказывать воздействие на безопасность системы захоронения РАО.

За основу при разработке алгоритма отбора ОСП оправданно был принят рекомендованный МАГАТЭ перечень ОСП. При разработке алгоритма учтены особенности ПГЗ ЖРО и их отличия от традиционных (международно принятых) пунктов захоронения твердых РАО.

С использованием разработанного алгоритма были отобраны ОСП, важные с точки зрения обоснования безопасности ПГЗ ЖРО и формирующие сценарии эволюции системы захоронения:

– нормальной эволюции, отражающий наиболее вероятную (естественную) эволюцию системы захоронения РАО;

– альтернативные, учитывающие события маловероятные, но способные оказать существенное влияние на долговременную безопасность системы захоронения РАО.

Для отдельных событий и процессов, представляющих наибольшую опасность для долговременной безопасности ПГЗ ЖРО выполнен анализ сведений по их развитию, полученных в результате возникновения подобных событий и процессов в период эксплуатации ПГЗ ЖРО.

**Третья глава** посвящена моделированию процессов, важных для долговременной экологической приемлемости ПГЗ ЖРО.

Для этого детально рассмотрен механизм формирования и реализации одного и наиболее опасных процессов, ведущего к выносу радионуклидов из области захоронения - заколонного перетока.

По результатам данного анализа сформирована модель заколонных перетоков компонентов РАО по стволам скважин. В модели реализован нестационарный режим трехмерного по структуре потока подземных вод и воспроизведена основная особенность гидрогеологических условий – напор подземных вод в эксплуатационном горизонте ниже, чем в вышележащем буферном. Учтены процессы инфильтрационного питания и испарения подземных вод. Граничные и начальные условия модельного геофильтрационного потока на участке максимально приближены к реальным, установленным по результатам анализа гидродинамической структуры потоков подземных вод различных водоносных горизонтов.

Многовариантное моделирование развития процесса заколонного перетекания позволило установить, что основными параметрами, определяющими пространственно-временные закономерности изменения напора и концентрации веществ в канале, могут являться вертикальный коэффициент фильтрации и продольная дисперсивность среды в канале. Результаты модельных экспериментов позволили оценить возможные значения этих параметров и диапазон их изменения в пространстве и времени.

Выполнено сравнение расчетных и экспериментальных данных, показавшее, что модель адекватно описывает динамику границы области миграции компонентов РАО в вертикальном направлении по заколонному пространству скважины – наблюдалось хорошее совпадение ее фактического и расчетного положения во времени.

В ходе моделирования также выполнена оценка эффективности применения различных решений по предотвращению заколонных перетоков жидкостей по стволам скважин – применения более прочного и менее проницаемого тампонажного цемента, создания превентивных гидроизоляционных завес вокруг стволов скважин, применения совершенных технологий цементирования скважин.

По результатам моделирования выполнено ранжирование скважинного фонда по вероятности возникновения заколонного перетока.

Также в главе приведены результаты определения физико-механических характеристик тампонажных материалов, используемых для ликвидации скважин ПГЗ ЖРО.

Проведены результаты выполненных лабораторных исследований по оценке влияния различных факторов, воздействующих на показатели защитных свойств таких материалов:

- составу воздействующих водных сред (ЖРО и воды эксплуатационных горизонтов);

- температурному воздействию;

- составу применяемых тампонажных материалов;

Проведенная комплексная оценка изменения физико-механических свойств тампонажных материалов позволила установить зависимости пределов прочности, плотности, водонепроницаемости и коэффициента фильтрации этих материалов от времени контакта с водными средами при варьировании значений температуры.

**Четвертая глава** посвящена разработке концептуальных положений по обоснованию долговременной безопасности системы захоронения РАО после закрытия ПГЗ ЖРО.

На основе анализа результатов, полученных в ходе диссертационного исследования предложена система организационно-технических мер по обеспечению безопасности закрытия ПГЗ ЖРО, определены основные концептуальные положения по долговременному мониторингу системы захоронения РАО после закрытия ПГЗ ЖРО,

В целом диссертация А.В. Понизова написана хорошим техническим языком и **является законченным исследованием**, соответствующим статусу научно-квалификационного труда. Полученные в ходе выполнения работы данные опубликованы в 18 научных работах, из них 8 статей опубликованы в изданиях, включённых в перечень ВАК России. Материалы диссертации докладывались на 13 научных конференциях и семинарах всероссийского и международного значения, что говорит о должном уровне их апробации. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертационной работы.

### **Вопросы и замечания по содержанию диссертации**

Несмотря на многочисленные достоинства диссертации, в ней имеются отдельные недочеты, которые вызывают вопросы:

1. В качестве наиболее опасного ОСП в работе рассмотрен заколонный переток. Однако количественного подтверждения его наибольшей опасности, равно как и числового ранжирования влияющих на показатели безопасности ПГЗ ЖРО остальных факторов не приведено. Рекомендуются в ходе дальнейшей работы выполнить количественную

классификацию факторов ОСП по степени опасности на основе оценки чувствительности модели безопасности ПГЗ.

2. Разработанная модель позволяет осуществлять прогноз влияния на безопасность одного из ОСП. Каким образом необходимо проводить учет остальных ОСП. Предлагаемый комплексный подход предусматривает для их учета разработку соответствующих моделей? И для каких ОСП они должны разрабатываться.

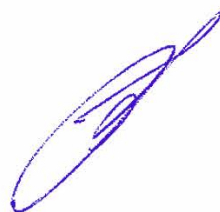
3. Каковы рекомендации по переходу от выделенного перечня ОСП к сценариям эволюции системы захоронения РАО, на которых должны базироваться оценки долговременной безопасности.

Приведенные выше замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации и на ее вклад в развитие вопросов вывода из эксплуатации пунктов глубинного захоронения ЖРО.

### **Заключение**

Диссертационное исследование Понизова Антона Владимировича является завершенной научно-квалификационной работой, которая по критериям актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности результатов соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 и паспорту специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации». Диссертант Понизов Антон Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,  
профессор кафедры «Физические  
процессы горного производства и  
геоконтроля» НИТУ «МИСиС», д.т.н.



Гупало В.С.

Адрес, телефон, e-mail организации:  
НИТУ «МИСиС»  
119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1.  
+7 (495) 638-46-78  
[kancela@misis.ru](mailto:kancela@misis.ru)

ПОДПИСЬ \_\_\_\_\_ ЗАВЕРЯЮ \_\_\_\_\_  
Проректор по безопасности  
и общим вопросам  
НИТУ «МИСиС» \_\_\_\_\_ Исаев

