

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н. В.С. Гупало на диссертационную работу Уткина Сергея Сергеевича «Обоснование решений по долговременной безопасности крупных хранилищ жидких радиоактивных отходов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

К началу XXI века по причине отсутствия решений по выводу из эксплуатации на территории России насчитывалось несколько сотен объектов, содержащих в ряде случаев колоссальные объемы отходов, не изолированных от окружающей среды – природно-техногенные водные комплексы (ПТВК): поверхностные (промышленные) водоемы-хранилища ЖРО; хвостохранилища; пункты глубинного захоронения ЖРО; водоемы-охладители и брызгальные бассейны АЭС; поверхностные водоемы суши и участки морских акваторий, загрязненные в результате радиационных аварий.

В первых трех группах ПТВК, содержащих около 50 % всех накопленных радиоактивных отходов (РАО), размещены значительные объемы водной фазы (более 460 млн м<sup>3</sup>). Их эксплуатация сопряжена со значимыми угрозами и рисками для населения и окружающей среды как на региональном, так и на федеральном уровне. Так, в первом десятилетии XXI века особенно острая ситуация сложилась вокруг поверхностных водоемов-хранилищ ЖРО – Теченский каскад водоемов (ТКВ). Вследствие многолетней повышенной региональной водности и технической невозможности прекращения сбросов отходов, уровень воды в ТКВ достиг критических отметок.

Также необходимо отметить, что нормативно-правовое регулирование безопасного использования ПТВК в применении к использованию атомной энергии, в целом, и особенно в сфере обращения с РАО, не ориентировалось на долгосрочную безопасность.

Перечисленные факторы обусловили актуальность диссертационного исследования – обоснования решений по долговременной безопасности крупных хранилищ жидких радиоактивных отходов.

### **Научная новизна результатов диссертационной работы**

К новым и значительным результатам, полученным автором в диссертационной работе, относятся следующие:

- определены необходимые концептуальные составляющие, важные для анализа и обеспечения долгосрочной безопасности крупных хранилищ ЖРО;

- определена совокупность сходных по типу объектов, данные по которым могут быть использованы для анализа безопасности крупных хранилищ ЖРО (выделено 5 типов различных по функциональному назначению и составу основных процессов и явлений);

- для критичных по безопасности ПТВК, так называемых существующих крупных хранилищ ЖРО:

- обоснована необходимая методология обеспечения безопасности;
- разработан комплексный подход, использующий все инструменты управления безопасностью (нормативно-правовое регулирование, организационно-технические мероприятия, специальные технические элементы обеспечения безопасности и надежности, прогнозирование влияния возможных, в том числе экстремальных, природных факторов и явлений на безопасность ПТВК);

- для крупнейшего в мире и критичного по критериям опасности объекта - ТКВ - предложена и реализована в рамках специального расчетно-мониторингового комплекса (РМК) «ТКВ-Прогноз» модель и ее программная версия, учитывающая всю совокупность процессов и явлений, важных с точки зрения обеспечения безопасности ТКВ;

- с использованием РМК «ТКВ-Прогноз» получены расчетные оценки показателей опасности всех основных (более 60) вариантов эксплуатации ТКВ в зависимости от вариации влияния совокупностей эксплуатационных и природных факторов;

- определены основные этапы жизненного цикла ТКВ (в целом и по его отдельным элементам), а также моменты (интервалы) принятия необходимых решений по управлению безопасностью данного сложного природно-техногенного объекта;

- предложены принципы и методы стратегического планирования и управления по организации и реализации взаимосвязанного комплекса научных, практических и нормативных работ, необходимых для обеспечения и обоснования долговременной безопасности ТКВ;

- определен и обоснован способ достижения конечного безопасного состояния ТКВ.

### **Достоверность полученных автором результатов**

Достоверность результатов и выводов, полученных в рамках диссертационного исследования, подтверждается:

- применением стандартных современных методов расчета распространения радионуклидов в окружающей среде, прогнозирования радиационного воздействия на человека и объекты окружающей среды, обоснования радиационной и экологической безопасности;
- сравнением оценок, выполненных с использованием РМК «ТКВ-Прогноз», с имеющимися результатами экспериментальных исследований (в частности, по удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в воде водоемов В-10 и В-11, а также стоку  $^{90}\text{Sr}$  по левобережному обводному каналу).

Достоверность также подтверждается практической реализацией принципа комплексного управления ПТВК в рамках утвержденного генеральным директором Госкорпорации «Росатом» «Стратегического мастер-плана решения проблем Теченского каскада водоемов» и мероприятий Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года».

Результаты и выводы публиковались в реферируемых изданиях и рассматривались на российских и международных научных конференциях, а также профильных научно-технических советах Госкорпорации «Росатом» и Правительства Челябинской области.

### **Апробация результатов, представленных в диссертации**

По теме диссертации опубликовано 33 печатные работы, из них 17 — в ведущих реферируемых отечественных журналах из списка, рекомендованного ВАК при Минобрнауки России («Атомная энергия», «Вопросы радиационной безопасности», «Известия Российской академии наук. Энергетика», «Радиационная биология. Радиоэкология», «Радиация и риск», «Водоснабжение и санитарная техника»); монография «Подходы и принципы радиационной защиты водных объектов» (авторы С. В. Казаков, С. С. Уткин); 8 коллективных монографий, в которых отдельные крупные разделы подготовлены непосредственно автором; 1 статья в реферируемом иностранном журнале («Water, Air, & Soil Pollution: Focus»); 6 материалов к докладам на конференциях.

Результаты и выводы рассматривались на российских конференциях, чтениях, форум-диалогах, круглых столах, семинарах, международных научных конференциях и форумах, а также на специализированных, межведомственных, отраслевых и координационных научно-технических советах, в том числе на профильных научно-технических советах Госкорпорации «Росатом» и Правительства Челябинской области.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, позволили обосновать комплекс мер, направленных на предотвращение угрозы экологической катастрофы на ТКВ. Получена совокупность знаний, необходимая для решения практических задач обеспечения безопасности и экологической приемлемости ТКВ.

Результаты исследования и полученные знания практически применены при разработке документов и процедур, регулирующих безопасность

обращения с ЖРО, размещенными в ТКВ в частности, а также при разработке системы оперативного управления и стратегического планирования безопасности ТКВ.

**Личный вклад автора диссертационной работы заключается в:**

- разработке общего методологического подхода к анализу рисков, связанных с различными объектами природно-техногенного происхождения, загрязненными радиоактивными веществами;
- научной систематизации и анализе явлений и процессов, происходящих в ТВК, а также в разработке моделей и расчетных программ, необходимых для адекватного описания их эволюции и оценки безопасности;
- разработке требований к составу и функциональному назначению расчетно-мониторингового комплекса «ТКВ-Прогноз», разработке и компоновке основных моделей и модулей комплекса, способов их интеграции;
- разработке обосновывающих материалов и проведению необходимых расчетов для нормативных документов по статусу и режиму эксплуатации ТКВ, а также по обоснованию увеличения границы отнесения жидких отходов, содержащих радиоактивные вещества, к радиоактивным отходам с 10 до 100 уровней вмешательства;
- проведении многовариантного комплекса расчетов, необходимых для решения задач стратегического планирования в отношении ТКВ и определения основных этапов эволюции объекта;
- разработке и анализе последствий принятия специальных технических решений, направленных на обеспечение безопасности ТКВ, технико-экономической оценке их эффективности.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка рисунков, списка сокращений, списка использованной литературы (203

наименования); изложена на 230 страницах машинописного текста, содержит 24 таблицы и 66 рисунков.

**Введение** содержит обязательные разделы, отражающие цели диссертационной работы, в том числе обоснование ее актуальности, научную новизну, задачи, которые должны были быть выполнены автором работы, достоверность, список публикаций и другие.

**Первая глава** посвящена анализу проблемы применимости современных требований безопасности к существующим хранилищам ЖРО. Проведен анализ опыта выполнения аналогичных работ в ведущих ядерных державах, выполнена систематизация качественных характеристик ПТКВ различных типов и, на этой основе, проведена их классификация. Обоснован выбор основных объектов исследования и отработки вопросов моделирования процессов и анализа рисков на всех этапах жизненных циклов объектов – водоемов Теченского каскада.

Отдельное внимание уделено анализу критериев отнесения жидких материалов и сред к радиоактивным отходам.

**Вторая глава** посвящена рассмотрению этапов, процессов и закономерностей жизненного цикла природно-технических водных комплексов различных типов при их нормальной эксплуатации и в условиях аварийных ситуаций.

Проведен анализ рисков за счет фактического и потенциального воздействия ТКВ на человека и объекты окружающей среды в условиях нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций. Определены группы рисков для различных сценариев эксплуатации - нормальной эксплуатации (1) и относительно чрезвычайных ситуаций (2). К сценариям нормальной эксплуатации отнесены - радиационные риски для биоты и населения при эксплуатации в пределах регламентных параметров ТКВ, риски, связанные с реабилитацией и возвращением реки Теча с хозяйственное использование, риски, связанные с влиянием на ТКВ иных объектов; сценариям чрезвычайных ситуаций - риски переполнения В-11 путем перелива через гребень плотины,

риски снижения уровня воды ниже регламентных отметок, риски, связанные с прохождением смерча, риски, связанные с авариями антропогенного характера.

В третьей главе в контексте определенных рисков были проанализированы природные и техногенные процессы, описана необходимая совокупность моделей для их прогнозирования.

Показано, что сложную совокупность процессов, происходящих в ПТВК всех типов, целесообразно в общем виде систематизировать в виде набора процессов, явлений, событий, параметров и характеристик следующим образом – связь ПТВК с внешней средой, процессы внутри ПТВК, воздействие ПТВК на человека и объекты окружающей среды.

Определено, что к основным моделям для прогноза процессов, значимых для крупных ПТВК, должны быть отнесены следующие: учета неявных метрологических трендов, прогноза расхода воды по обводным каналам, расчета фильтрации воды между водоемами и обводными каналами, прогноза изменения в воде водоемов концентрации  $^{90}\text{Sr}$ , расчета годового стока  $^{90}\text{Sr}$  по обводным каналам и результирующего сброса их в реку Теча. Это позволит в рамках единого методологического подхода к оценке и обоснованию безопасности ПТВК, содержащих большие объемы ЖРО, определить и систематизировать процессы и риски, связанные с поступлением радиоактивных веществ за пределы объектов.

В главах 4 и 5 приведены результаты разработки расчетно-мониторингового комплекса с описанием его характеристик и возможностей. Сформирована методологическая база комплексного управления долговременной безопасностью ПТВК на примере Теченского каскада.

Выполнен комплекс многовариантных расчетов с обоснованием набора мер по долгосрочному обеспечению функций безопасности ТКВ. Исходя из полученных принципов и подходов, предложены стратегии обеспечения достижения конечного состояния ТКВ. Обосновано конечное состояние ТКВ и основные этапы его жизненного цикла.

В заключении работы сформулированы результаты обоснования решений по долговременной безопасности крупных хранилищ жидких радиоактивных отходов.

### **Замечания по структуре и содержанию диссертационной работы**

Структура диссертационной работы соответствует задачам исследования и не дает оснований для замечаний.

Вместе с тем, считаю необходимым отметить, что:

1. Включение пунктов глубинного захоронения ЖРО в состав природно-техногенных водных комплексов накладывает дополнительные требования к общей методологии обоснования долговременной безопасности природно-техногенных водных комплексов. В силу различий по характеру размещения и изоляции отходов от окружающей среды, а также вариантов дальнейшего обращения необходимо активно адресовываться к прогнозному анализу структурно-тектонического и геолого-гидрологического развития территории.

2. Не рассмотрены вопросы химического загрязнения реки Теча и соответствующих ограничений на хозяйственное использование.

3. При рассмотрении зарубежного опыта было бы целесообразно упомянуть о проблемах и подходах к технологическим решениям при долговременном хранении жидких высокоактивных отходов в сравнительно небольших по размеру емкостях (например, в Хэнфорде).

### **Заключение**

Отмеченные выше замечания не меняют общей положительной оценки диссертационного исследования и носят характер рекомендаций по дальнейшему развитию работы.

Диссертация С. С. Уткина выполнена на высоком научном уровне и вносит большой вклад в разработку научно-обоснованных решений, позволяющих гарантировать долгосрочную безопасность природно-техногенных водных комплексов, в том числе ТКВ.



Автореферат диссертации верно и полно отражает содержание диссертационной работы. Результаты, положения и выводы диссертации с достаточной полнотой опубликованы в научных изданиях.

Таким образом, диссертация Уткина С.С. соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, установленным п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Уткин Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Официальный оппонент  
доктор технических наук

«7» сентября 2016 г.



Гупало В.С.