

СТАТЬИ

УДК 621.039.6

СТАНОВЛЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ: УРОКИ, УСПЕХИ, ОЖИДАНИЯ

*Большов Л.А., Линге И.И., Ковальчук В.Д., Уткин С.С. (ИБРАЭ РАН, г. Москва),
Ельфимова Т.Л. (Росатом, г. Москва), Поляков Ю.Д. (РосРАО, г. Москва)*

Долгое время ядерный оружейный комплекс и атомная энергетическая промышленность страны развивались в режиме незавершенных циклов по радиоактивным отходам, отработавшему ядерному топливу и выводу из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов [1]. На уровне государства и специалистов существовала убежденность в возможности решения этих проблем в условиях плановой экономики. Всего лишь 20 лет назад считалось, что проблемы переработки и регенерации ядерного топлива, захоронения радиоактивных отходов и снятия с эксплуатации отработавших ресурс ядерных энергоблоков станут действительно актуальными, по-видимому, к концу первого десятилетия следующего столетия, и к тому времени они должны быть решены [2]. Относительно наиболее актуальных проблем атомной промышленности конца первой декады XXI в. этот прогноз оправдался, однако оптимизм по поводу возможностей и скорости их решения был явно преувеличенным.

Практика обращения с радиоактивными отходами по принципу откладывания проблем, связанных с их переработкой и захоронением, сохранялась до последнего времени. Отсутствие правовых требований к захоронению накопленных и вновь образующихся отходов, необходимой инфраструктуры, а также каких-либо стимулов к снижению образования отходов, кроме периодически возникавших ситуаций с заполнением хранилищ, привели к тому, что более 99% отходов хранится в местах их образования. В стране более 1000 хранилищ, включая такие объекты, как поверхностные водоемы-хранилища жидких радиоактивных отходов, площадь некоторых из них превышает 50 км². Уникаль-

ная практика захоронения жидких радиоактивных отходов путем их закачки в глубокие геологические формации [3] позволила избежать формирования на применяющих эту технологию предприятиях проблем, схожих по масштабу с проблемами ПО «Маяк», но не предотвратила накопление большого количества жидких отходов на других объектах.

Не будем в настоящей статье приводить хорошо известные как в нашей стране, так и за рубежом количество и структуру накопленных отходов, преобладающая часть которых является следствием реализации оборонных программ [4]. Важнее то, что безопасность даже наиболее сложных объектов поддерживается на уровне, при котором не превышаются нормативы допустимого воздействия на человека, — речь идет только об окончательном решении проблем с радиоактивными отходами и восстановлении и реабилитации территорий. Так, самые сложные объекты ПО «Маяк» — отдельные из них по своим размерам и уровню радиационного загрязнения уникальны, являются также наиболее изученными и контролируемыми с точки зрения организации системы мониторинга. И об озере Карачай [5], и о теченском каскаде водоемов [6] есть достаточно большая совокупность знаний, которая позволяет говорить о понимании закономерностей протекания процессов, определяющих степень опасности накопленных в них радиоактивных веществ. В принципе, нерешаемых проблем в обращении с радиоактивными отходами нет — это всегда вопрос стоимости.

При всем этом расходы на их безопасное хранение постоянно возрастают. Эксплуатирующим организациям, придерживающимся

традиционной и не имеющей ясных перспектив практики обращения с отходами, приходится в том числе и за счет собственных средств постоянно принимать меры по обеспечению безопасности хранения как ранее накопленных, так и вновь образующихся. С учетом ужесточения требований безопасности результатом является необходимость извлекать накопленные отходы (хранящиеся, как правило, навалом) и перетаривать, создавать инфраструктуру для размещения вновь образующихся. В последнем случае практикуется подход на создание «сверхтяжелых» вариантов обращения — избыточная биологическая защита, безопасность на неоправданно растянутые сроки промежуточного хранения. Все это делает обращение с отходами еще более дорогостоящим и по-прежнему не соответствует принципу снятия бремени с последующих поколений.

В странах с рыночной экономикой (США, Франция, Великобритания) понимание значимости решения проблемы завершающих стадий ядерного топливного цикла, включая выход и на конкретные решения, произошло гораздо раньше. По коммерческим отходам были задействованы правовые инструменты, по накопленным оборонным — государственные программы. В США в 1989 г. была принята наиболее масштабная в мире экологическая программа решения проблем, накопленных более чем за 50 лет производства ядерного оружия и исследований в области ядерной энергетики [7]. В рамках этой программы Управлению по охране окружающей среды необходимо было принять решения о переводе в безопасное состояние жидких и твердых радиоактивных отходов, отработавшего топлива, ядерных материалов и установок, участков загрязненной почвы и грунтовых вод в 14 штатах на территории площадью более чем 8 тыс. км², а также вывести из эксплуатации более чем 4500 установок.

В отдельных странах, не реализовывавших ядерные оборонные программы, полноценные системы обращения с радиоактивными отходами начали создаваться почти одновременно с развитием ядерной энергетики (Швеция, Канада, Германия, Япония), что позволило избежать значимых для экономики проблем [8]. Некоторые страны Восточной Европы также успели адаптироваться к реалиям.

Анализируя зарубежный опыт, нельзя не указать на проблемные ситуации, когда вложен-

ные инвестиции оказались потерянными — мотильники Юкка-Маунтин (США) и Конрад (Германия). В обоих случаях ключевая проблема оказалась в научной обоснованности требований безопасности и восприятия обществом этих обоснований.

В нашей стране перелом произошел в 2005—2007 гг., когда началось резкое ускорение работ и по развитию ядерной энергетики, и по принятию практических мер в области ядерной и радиационной безопасности. В 2006—2007 гг. была разработана и утверждена федеральная целевая программа, предусматривающая проведение работ по ядерной и радиационной безопасности на 2008 г. и на период до 2015 г. В ходе ее подготовки были даны экспертные оценки масштаба накопленных проблем, стало очевидным отсутствие готовых практически реализуемых решений по конкретным объектам [1]. Так, суммарный объем накопленных жидких и твердых радиоактивных отходов, подлежащих захоронению, оценивается в несколько сот тысяч кубометров.

Работы по ядерной безопасности актуализировали формирование новых правовых механизмов, создающих достаточную регулируемую основу для организации и выполнения необходимых мер. Требовалось создать базу для решения сразу трех задач: обращение с радиоактивными отходами, отработавшим ядерным топливом и выводом из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов. Как результат — решение, отраженное в плане мероприятий по выполнению второго этапа реализации Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности России на период до 2010 года и дальнейшую перспективу, в соответствии с которым первоочередной задачей была определена разработка отдельного законопроекта об обращении с радиоактивными отходами.

Создание отечественной законодательной базы в области использования атомной энергии началось в середине 1990-х гг. и развивалось одновременно в нескольких направлениях. Были разработаны федеральные законы «Об использовании атомной энергии», «О радиационной безопасности населения», «Об охране окружающей среды», «О недрах», а также большое число подзаконных актов, среди которых ключевыми являются федеральные нормы и правила, включая документы, регламентирующие са-

нитарно-гигиенические аспекты радиационной безопасности.

Обеспокоенность проблемой радиоактивных отходов инициировала разработку в 1997 г. соответствующего законопроекта, который описывал деятельность, связанную с обращением с радиоактивными отходами, включая при этом вопросы управления, прав общественных организаций, социальной защиты и др. К сожалению, он фактически был направлен на легитимизацию сложившейся к тому времени практики обращения с отходами и не создавал новых механизмов выхода из режима отложенных решений. Законопроект был принят Государственной Думой и одобрен Советом Федерации, однако на него было наложено вето Президента Российской Федерации по формальным причинам: законопроект вторгался в полномочия президента в части структуры органов государственной власти и предусматривал поручения Президенту России, что противоречило конституционному принципу разграничения полномочий.

В результате в области регулирования обращения с радиоактивными отходами сформировалась громоздкая запретительная система, в которой фактически нет единой межведомственной логики разработки документов, что зачастую приводит либо к дублированию большинства ключевых требований безопасности, либо к появлению норм, приводящих к столкновению интересов при их совместном прочтении [9]. С одной стороны, эта система обеспечивает безопасность, с другой, она невосприимчива к модернизации и не стимулирует участников процесса обращения с радиоактивными отходами к поиску оптимальных решений.

Приведем примеры:

общие требования по безопасности не адаптированы к реалиям, а именно наличию ядерных объектов, оставшихся после выполнения оборонных программ. Это приводит к необходимости разработки специальных подзаконных актов, в основном, санитарных правил фактически под каждый проблемный объект. Такой подход, формально позволяющий предприятиям функционировать в нормативно-правовом поле, не может быть признан стратегически верным. Так, теченский каскад водоемов до недавнего времени имел статус специального промышленного водоема, поскольку вследствие несоответствия общим требованиям безопасности не мог быть отнесен к объектам ни использования атомной энергии, ни окружающей среды. Проблема была

решена лишь в конце 2010 г., когда ему был присвоен статус поверхностного водохранилища жидких радиоактивных отходов, т.е. объекта использования атомной энергии [6]. Другой пример — нормы ОСПОРБ-99/2010 [10], требующие отверждения всех жидких отходов. При этом уже более 50 лет реализуется их закачка в глубинные пласты-коллекторы, подкрепленная необходимыми разрешительными документами [11, 12]. Это также свидетельствует об отсутствии единого курса разработки регулирующих документов даже внутри отдельного ведомства;

малопродуктивные идеи развиты и доведены до уровня утвержденных документов. Например, установление коридора между концентрацией радионуклидов, соответствующей пригодным для неограниченного использования веществам и радиоактивным отходам. Правила обращения с веществами из этого промежутка, названного промышленными отходами, могут быть различными. ОСПОРБ-99/2010, например, требуют санитарно-эпидемиологического заключения, в то время как применительно к АЭС эти материалы трактуются как очень низкоактивные отходы, а требования по обращению с ними местами даже жестче обращения с низкоактивными отходами [13];

требования по обращению с радиоактивными отходами не учитывают экономические аспекты.

В последние несколько лет создается новая национальная система обращения с радиоактивными отходами. В качестве основного этапа этой деятельности можно отметить разработку и принятие Федерального закона № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами», который был подготовлен в принципиально новой по сравнению с вариантом 1997 г. редакции. Закон должен обеспечить правовую основу формирования системы, соответствующей международной практике [14]. Закон впервые разделил две категории отходов: образующиеся и накопленные до даты вступления закона в действие. Эта норма должна разграничить ответственность за конечную стадию обращения с радиоактивными отходами (включая финансовую) между хозяйствующими субъектами и государством. Повидимому, это принципиальный момент, из которого вытекали все сложности.

Закон устанавливает, что деятельность по обращению с отходами должна осуществляться

в рамках единой государственной системы, что предопределяет идентичные правила безотносительно как ведомственной принадлежности, так и источников образования.

В качестве других наиболее значимых норм закона можно выделить установление требований к обязательному захоронению радиоактивных отходов и создание механизмов финансового обеспечения обращения, включая затраты на захоронение. Также впервые устанавливаются принципиально разные подходы к обращению с вновь образующимися и накопленными отходами. Если для вновь образующихся отходов предусмотрен фиксированный путь (образование—сбор—приведение в соответствие с критериями приемлемости—захоронение), то для накопленных, которые нельзя отнести к удаляемым, допускаются гибкие подходы в зависимости от конкретной ситуации.

Сфера применения закона распространяется на все виды радиоактивных отходов, образующихся при использовании атомной энергии в гражданском секторе, в оборонных целях, а также при добыче и переработке сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов.

Координация и практическая реализация возлагаются на орган управления — Росатом и национального оператора по обращению с радиоактивными отходами. В полномочия первого входит определение лимитов промежуточного хранения для организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты, по согласованию с другими органами управления использованием атомной энергии, а также подготовка предложений по тарифам на услуги национального оператора по захоронению отходов и контроль за его деятельностью.

В целях ограничения дальнейшего накопления радиоактивных отходов для их производителей устанавливаются лимиты на объемы и продолжительность промежуточного хранения. В течение времени, определенного лимитами, отходы должны быть приведены в состояние, пригодное для захоронения, и переданы национальному оператору. Это будет дополнительным, но необходимым бременем для предприятий, прежде всего для предприятий и организаций Росатома. Тем не менее этот механизм обладает достаточной гибкостью и позволяет организовать рациональный переход к своевременному кондиционированию радиоактивных

отходов с учетом времени, требуемого для создания необходимых технических и технологических условий в конкретных организациях, принимая во внимание уже имеющуюся в них инфраструктуру.

Национальный оператор станет единственной организацией, ответственной за захоронение радиоактивных отходов. С учетом срока опасности отходов предлагаемая мера гарантирует безопасность пунктов захоронения на длительном отрезке времени. Услуги по кондиционированию, транспортированию и хранению смогут оказывать специализированные организации.

Законом предусмотрены два механизма оплаты услуг по захоронению. Для организаций, входящих в перечень эксплуатирующих ядерно опасные и радиационно опасные объекты, предусмотрен механизм регулярных отчислений в специальный резервный фонд. По существу, до создания пунктов захоронения такие перечисления являются авансовыми платежами. Эта мера является вынужденной и необходимой. Она обеспечивает регулярное поступление ресурсов, необходимых для функционирования системы, включая создание пунктов захоронения. В противном случае это может растянуться на десятки лет с значимым ростом рисков и общих затрат на обращение с радиоактивными отходами. Для других организаций установлен режим разовых платежей при передаче отходов национальному оператору или специализированной организации.

Законом также устанавливаются требования ведения регистра отходов и кадастра отдельных категорий пунктов хранения, включая пункты захоронения, что позволит обеспечить сохранность информации о радиоактивных отходах на необходимое по продолжительности время, а также возможность управления работами по захоронению.

Реализация положений закона, направленных на создание принципиально новой системы обращения с радиоактивными отходами, потребует от большинства организаций, в результате деятельности которых образуются отходы, существенной трансформации принятых у них систем обращения с ними. В целях снижения связанных с этим издержек и смягчения режима такой трансформации были развернуты упреждающие действия по формированию условий, определяемых законом. На федеральном уровне это отразилось в консолидации всех специали-

зированных организаций по обращению с радиоактивными отходами (бывшие спецкомбинаты «Радон») в рамках единой организационной структуры (РосРАО). При корректировке федеральной целевой программы по ядерной и радиационной безопасности из нее исключена большая часть мероприятий по созданию новых пунктов хранения, что позволило сконцентрировать усилия на создании первых пунктов захоронения радиоактивных отходов.

На отраслевом уровне работы по переходу к новым правилам организованы в рамках отдельной программы Росатома, которая предполагает создание условий и механизмов, определяемых требованиями Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами. Уже к настоящему времени достигнуты значимые результаты. Среди них, в первую очередь, необходимо отметить разработку организациями отрасли локальных стратегий трансформации систем обращения с радиоактивными отходами в целях их приведения в соответствие с новыми требованиями, решения по синхронизации деятельности Концерна «Росэнергоатом» с созданием системы обращения с радиоактивными отходами, формирование отраслевой комиссии по инвестициям в части развития инфраструктуры.

Принятие закона — принципиальный, но только первый шаг в становлении национальной системы обращения с радиоактивными отходами. Его вступление в силу означает прекращение их бесконтрольного образования и накопления. Однако есть проблемные моменты. Так, если технические задачи по кондиционированию отходов понятны, то качество функционирования системы обращения с радиоактивными отходами в целом во многом будет определяться уровнем компетенций национального оператора. Он должен быть определен Правительством Российской Федерации по предложению Росатома. Но к настоящему времени нет единого мнения как относительно базовой организации, которая могла бы стать национальным оператором, так и о ее статусе. Вместе с тем проработка этого вопроса, по-видимому, является одним из главных приоритетов после вступления закона в действие.

При выборе базовой организации для определения национального оператора представляется целесообразным принять во внимание следующие вопросы:

организационно-правовая форма создаваемой (определяемой) организации и, как следствие, отношение к собственности, управление федеральной собственностью;

кадровый и технологический потенциал;

наличие обременений (текущие задачи и обязательства, социальные и технологические проблемы и др.);

наличие элементов инфраструктуры хранения и захоронения радиоактивных отходов;

репутация организации как на национальном, так и международном уровне.

Еще одна ситуация, требующая пристального внимания. Реализация всех положений закона требует разработки и принятия большого числа подзаконных актов (Правительством Российской Федерации, органом управления в области обращения с отходами, органами регулирования безопасности при использовании атомной энергии). Их качество, уровень сбалансированности и гармонизации станут определяющими как для становления системы, так и для ее дальнейшего функционирования.

С учетом требований закона об обязательном захоронении радиоактивных отходов предстоят масштабные работы по созданию системы пунктов захоронения. Процедура принятия решений по их размещению и сооружению достаточно сложна и предполагает участие различных субъектов (от правительства Российской Федерации до органов муниципальной власти). Принимая во внимание возможные конфликты интересов, можно прогнозировать сложность вопроса создания необходимой системы пунктов захоронения.

Наконец, отдельной задачей видится создание современной методологической базы, ориентированной на всестороннее обоснование безопасности пунктов захоронения и пунктов консервации, а также согласование принимаемых решений всеми заинтересованными сторонами. Так, в ходе семинара «Обоснование безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов на базе современных моделей переноса радионуклидов в геологических формациях и инженерных барьерах», состоявшегося в мае 2010 г. в ИБРАЭ, ведущими специалистами отрасли было отмечено, что большинство отечественных работ по оценке и обоснованию безопасности опирается на представления, сложившиеся в 1990-е гг. Зарубежный опыт и рекомендации международных организаций,

таких, как МАГАТЭ, не всегда находят практическое применение, что затрудняет взаимопонимание на международном уровне и не способствует повышению доверия к результатам, полученным отечественными специалистами.

Становление национальной системы обращения с радиоактивными отходами, принятие федерального закона «Об обращении с радиоактивными отходами» будут определять особенности новой стадии развития атомной отрасли России в отношении как решения проблем, так и формирования современных механизмов управления ядерной и радиационной безопасностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Проблемы** ядерного наследия и пути их решения. Под общей ред. Е.В. Евстратова и др. Т. 1. М., ОАО «Энергопроманалитика», 2010. 373 с.
2. **Ядерная** энергетика. Проблемы и перспективы. Экспертные оценки. ИАЭ им. И.В. Курчатова, 1989. 489 с.
3. **Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Костин П.П. и др.** Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов. М.: ИздАТ, 1994. 256 с.
4. **Второй** национальный доклад Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и безопасности обращения с радиоактивными отходами. Подготовлен Росатомом и Ростехнадзором при участии ИБРАЭ и НТЦ ЯРБ. М., 2009. 135 с.
5. **Алексахин А.И., Глаголев А.В., Дрожко Е.Г. и др.** Водоем-9 — хранилище жидких радиоактивных отходов и воздействие его на геологическую среду. Под ред. Е.Г. Дрожко, Б.Г. Самсонова. М., 2007. 250 с.
6. **Баранов С.В., Баторшин Г.Ш., Мокров Ю.Г. и др.** Теченский каскад водоемов ФГУП «ПО «Маяк»: текущее состояние и перспективы. — Вопросы радиационной безопасности, 2011, № 1, с. 5—15.
7. **Szilagyi A., Collazo Y., Negin C.** The United States Department of energy, office of environmental management's progress and challenges in environmental remediation and decommissioning. — In: Proc. of Intern. Conf. «Decommissioning Challenges: Industrial Reality». Avignon, France, 28 September — 2 October 2008, p. 107.
8. **Большов Л.А., Абалкина И.Л., Ерома А.А. и др.** Анализ зарубежного опыта финансирования работ по долгосрочному обращению с ОЯТ, РАО и выводу ядерно- и радиационно опасных объектов из эксплуатации: Препринт ИБРАЭ, 2006. 29 с.
9. **Казаков С.В., Уткин С.С.** Подходы и принципы радиационной защиты водных объектов. М.: Наука, 2008. 318 с.
10. **Санитарные** правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). Утверждены постановлением Главного гос. санитарного врача Российской Федерации от 26 апреля 2010 г. № 40.
11. **Санитарные** правила и технические условия эксплуатации и консервации глубоких хранилищ жидких радиоактивных и химических отходов предприятий ядерного топливного цикла (СП и ТУ ЭКХ-93). М., Минатом России, 1995.
12. **Методические** указания по эксплуатации и консервации глубоких хранилищ жидких радиоактивных и химических отходов предприятий атомной промышленности (МУ ЭКГХ 2003). М., Минатом России, 2003.
13. **Санитарные** правила СП 2.6.6.2572-2010. Обеспечение радиационной безопасности при обращении с промышленными отходами атомных станций, содержащими техногенные радионуклиды. Утверждены постановлением Главного гос. санитарного врача Российской Федерации от 18 января 2010 г. № 4.
14. **Объединенная** конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами. Вена: МАГАТЭ, 1997.

Поступила в Редакцию 01.08.11

УДК 621.039.052

СТРАТИФИКАЦИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

*Опанасенко А.Н., Сорокин А.П., Зарюгин Д.Г., Рачков М.В.
(ГНЦ РФ — ФЭИ им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск)*

Явление температурного расслоения (стратификации) жидкости широко распространено в природе. В последние десятилетия проведен большой объем исследований атмосферных и океанических температурно-стратифицированных. Приобретает исследование переноса и температурного режима при стратификации теплоноси-

мых течений, оказывающих решающее влияние на климатические условия в геофизических масштабах. В технических системах стратифицированные течения изучены относительно слабо. В настоящее время актуальное значение имеет в элементах контура циркуляции ядерных энергетических установок.