

Общая концепция по обращению с РАО ядерного наследия в Северо-Западном регионе Российской Федерации.

Пименов А.О., НИКИЭТ имени Н.А.Доллежала, Россия

Аннотация

В докладе рассмотрены основные источники РАО в Северо-западном регионе России, а также объекты, подлежащие экологической реабилитации, где в настоящее время сосредоточено значительное количество радиоактивных отходов.

Изложены описания текущего состояния проблемы обращения с РАО и экологической реабилитации радиационно-опасных объектов в регионе.

Приведена оценка накопленных и прогноз образования радиоактивных отходов, произведена систематизация РАО по различным параметрам.

Сформулированы конечные цели обращения с РАО на Северо-западе России, определены пути и основные технологические этапы обращения с радиоактивными отходами, последовательность и взаимосвязь технологических этапов.

Изложены основные характеристики РАО для определения критериев приемлемости кондиционированных РАО для их хранения и захоронения.

На основе проведенного анализа состояния проблемы определены стратегические и концептуальные подходы по обращению с РАО в Северо-западном регионе России, с использованием в качестве основного элемента, планируемого к созданию регионального центра кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов.

Основными положениями данного подхода являются: централизация обращения с твердыми РАО в региональном центре кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов, с проведением на местах работ только по первичной сортировке и упаковке ТРО; переработка жидких радиоактивных отходов в местах их образования модульными установками.

Изложены основные преимущества данного подхода и необходимые первоочередные организационные мероприятия для реализации концепции.

1. Введение.

В Северо-западном регионе России сосредоточено значительное количество потенциальных источников радиоактивных отходов, объектов, подлежащих экологической реабилитации. Такими объектами являются пункты базирования атомного флота, судоремонтные предприятия промышленности и Военно-морского флота, ПДХ РО «Сайда», а также пункты временного хранения ОЯТ и РАО в губе Андреева и пункте Гремиха, переданные в ведение Росатома от Министерства обороны для их экологической реабилитации.

В регионе находятся Кольская АЭС и специализированное предприятие «Радон», которые также осуществляют обращение с радиоактивными отходами, но деятельность, которых осуществляется в рамках других федеральных программ и на сегодняшнем этапе они не учитываются при реализации мероприятий программы Глобального партнерства G8.

Размещение объектов хранения и образования РАО Северо-западного региона представлено на рисунке 1.

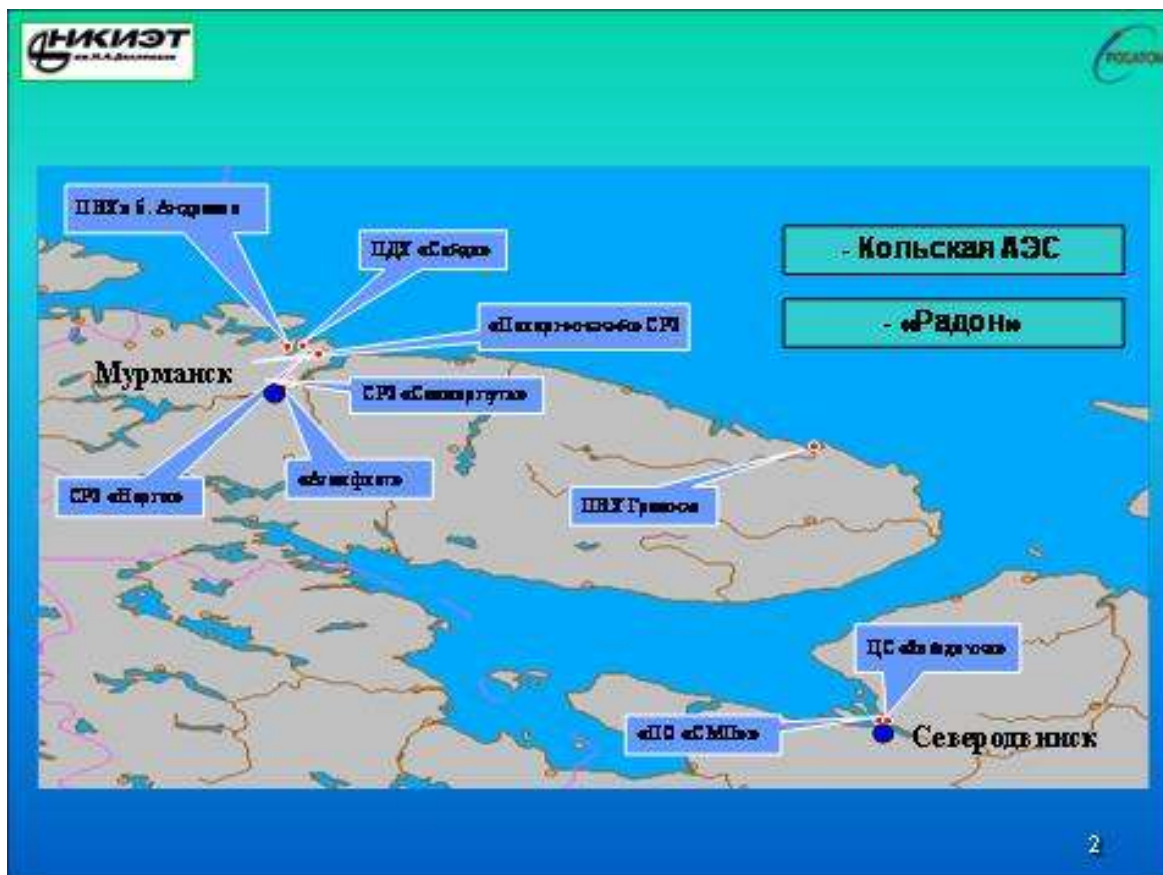


Рис. 1. Схема размещения объектов хранения РАО в Северо-западном регионе России

2. Характеристика проблемы.

Для того чтобы определить пути решения проблемы обращения с РАО необходимо в начале осознать с чем мы имеем дело, текущее состояние проблемы и конечные цели работ.

Общее количество РАО, с которым предстоит обращение в регионе, определяется отходами, накопленными на настоящий момент, и образующимися при проведении работ по утилизации АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ, а впоследствии и их реакторных отсеков, судов атомного технологического обслуживания, а также экологической реабилитации ядерных и радиационно-опасных объектов.

Прогнозная оценка объемов образования отходов в перспективе, с учетом уже накопленных на объектах, то есть объем РАО с которым предстоит работать, проведена Ро-

сатомом с привлечением подведомственных организаций, а также при разработке СМП-2 и составляет около 100 000 м³, с учетом планируемого компактирования отходов, перевода из категории в категорию, возврата части металла в хозяйственный оборот.

В рамках ранее проведенных работ, в том числе и при разработке СМП-2 определено ориентировочное количество радиоактивных отходов по категориям, накопленных на каждом из указанных объектов. Уточнение и актуализация полученных данных проводится на постоянной основе в рамках текущей деятельности Росатома. Ориентировочное процентное соотношение твердых радиоактивных отходов накопленных в настоящее время и планируемых к образованию по источникам образования представлено диаграммами на рисунках 2 и 3.



Рис. 2 Диаграмма соотношения накопленных радиоактивных отходов по источникам образования.



Рис. 3 Диаграмма соотношения планируемых к образованию радиоактивных отходов по источникам образования.

В общем объеме ТРО следует принимать около 83% низкоактивных ТРО (менее 10^3 кБК/кг), 15,5% среднеактивных (от 10^3 до 10^7 кБК/кг) и 1,5 % высокоактивных (более 10^7 кБК/кг). Хранящиеся на береговых технических базах и заводах ТРО имеют состав около 65% металлические ТРО, около 35% прессуемые, горючие и негорючие ТРО, из которых около 30% горючие ТРО. Количество накопленных в регионе РАО по категориям приведено на диаграммах (рисунки 4 и 5).

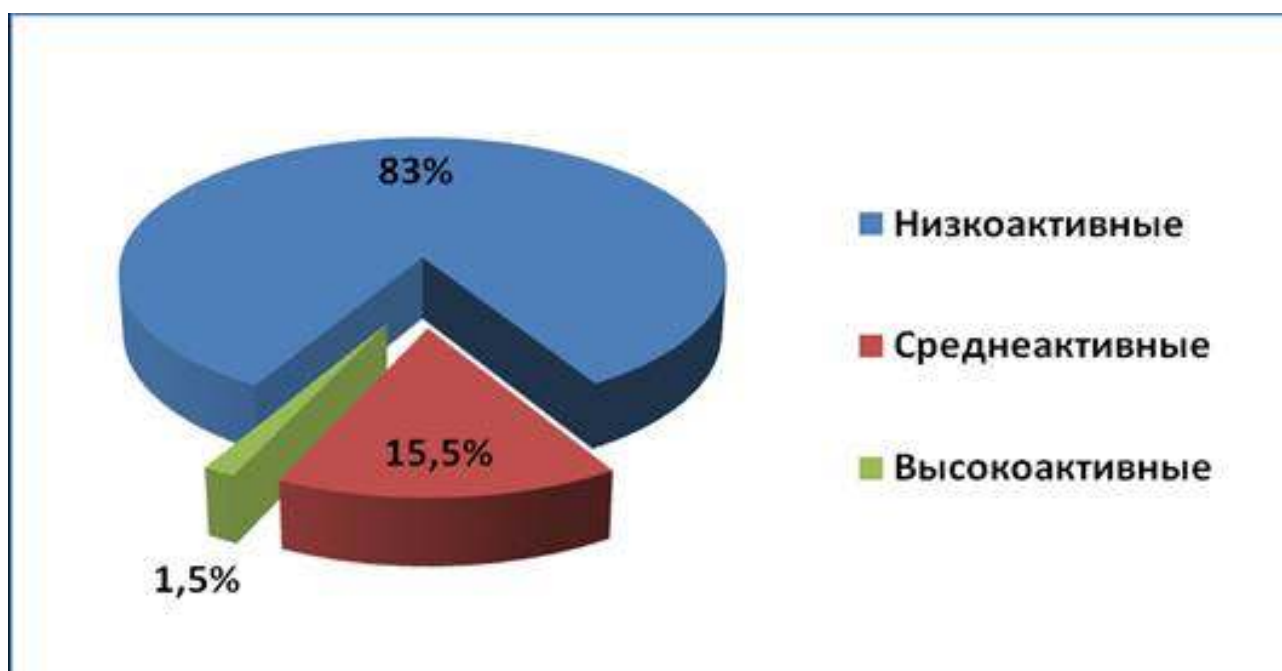


Рис. 4 Диаграмма соотношения накопленных твердых РАО по категориям.

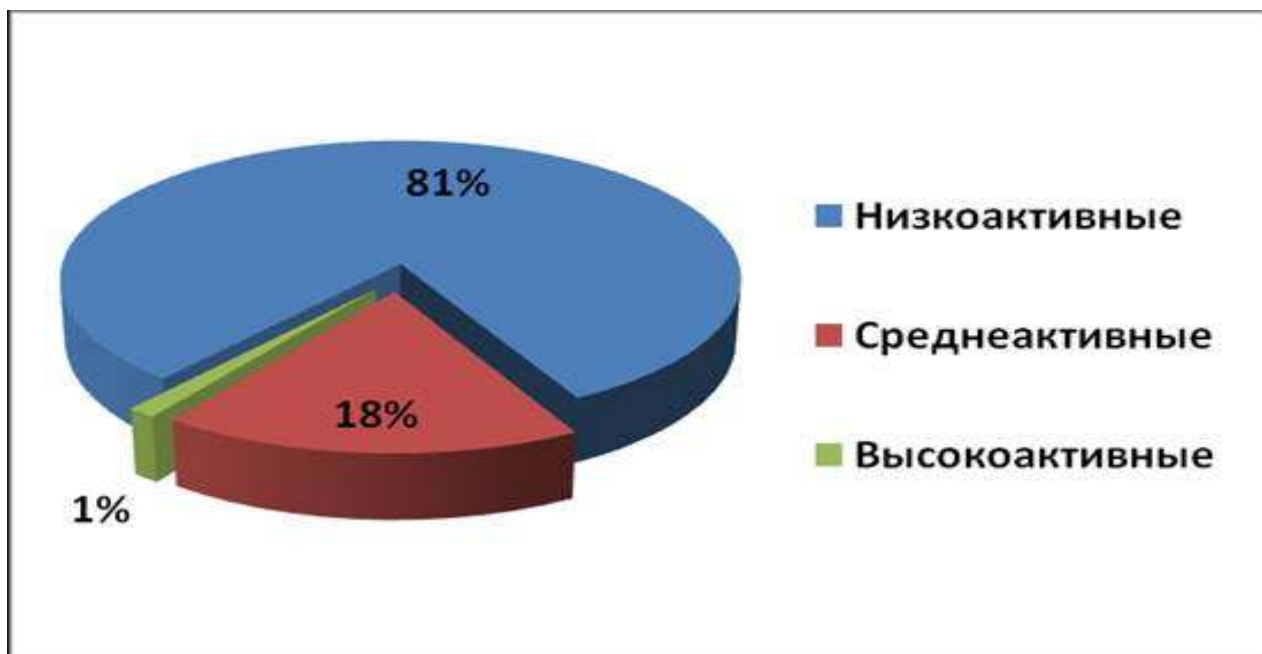


Рис. 5 Диаграмма соотношения накопленных жидких РАО по категориям.

Максимальный уровень удельной активности РАО не превышает 10^9 Бк/кг. В отходах в основном содержатся радионуклиды с периодом полураспада до 30 лет, из которых основную долю по активности составляют радионуклиды Cs-137 и Sr-90. Долгоживущие радионуклиды присутствуют в количествах, не превышающих 10^4 - 10^5 Бк/кг, что не вносит дополнительных критериев при категорировании РАО в соответствии с действующими в Российской Федерации нормативными актами.

Конечные цели обращения с РАО на Северо-западе России могут быть сформулированы как:

1. Создание в регионе эффективной системы обращения с радиоактивными отходами;
2. Сокращение количества и ликвидация экологически опасных временных хранилищ РАО на предприятиях и объектах региона, реабилитация радиационно-загрязненных территорий;
3. Организация централизованного долговременного хранения РАО в региональном центре.

Современное состояние нормативной базы Российской Федерации обеспечивает радиационную безопасность при проведении работ и не противоречит международным нормам.

В существующих нормативных документах, регламентирующих процедуры создания пунктов хранения и захоронения различных видов РАО, указано, что все технические решения должны определяться и обосновываться с учетом характеристик РАО и природных условий на участке размещения объекта.

Российские и зарубежные подходы к обращению и захоронению РАО близки и не противоречат друг другу, в том числе по рекомендуемым характеристикам радионуклидов для захоронения РАО в приповерхностных условиях.

В настоящее время в России проводится совершенствование нормативной базы по обращению с РАО, в том числе в направлении дальнейшего сближения с международными подходами. Рассматривается возможность и реализуются предварительные мероприятия для поэтапного введения категории «очень низкоактивные отходы» - аналог категории VLLW – very low-level waste - радиоактивные отходы с очень низкой удельной активностью.

3. Пути и основные этапы концепции обращения с РАО.

С данных позиций целесообразно определить пути и основные технологические этапы обращения с радиоактивными отходами в целом. Такими укрупненными этапами являются: сбор-сортировка-компактирование (для твердых радиоактивных отходов), сбор-переработка-омоноличивание (для жидких радиоактивных отходов), упаковка-хранение-захоронение. Последовательность и взаимосвязь технологических этапов показана на рисунке 6.



Рис. 6 Основные укрупненные технологические этапы обращения с РАО.

В ходе выполнения данных работ, безусловно, будут иметь место транспортирование отходов и обращение с крупногабаритным неразборным оборудованием. При проведении дезактивации часть материалов возвратится в хозяйственный оборот, часть изменит принадлежность к той или иной категории, то есть в целом при дезактивации, компактировании и переработке будет иметь место сокращение исходных объемов РАО.

Следующим этапом определения исходных параметров является уточнение технологических операций, по основным категориям РАО, исходя из способов и методов обращения с ними.

Для ТРО такими категориями будут являться:

- Высокоактивные ТРО
- Средне и низкоактивные ТРО
- Очень низкоактивные ТРО (после введения данной категории РАО)

Для ЖРО такими категориями будут являться:

- Высокоактивные ЖРО
- Средне и низкоактивные ЖРО
- ЖРО сложного химического состава

Учитывая определенность способов обращения с ЖРО можно сократить данный перечень и представить основные исходные категории РАО по способам обращения, требующим учета в общей концепции обращения с РАО в регионе. Такими категориями являются:

- Высокоактивные ТРО
- Средне и низкоактивные ТРО
- Очень низкоактивные ТРО (после введения данной категории РАО)
- Жидкие РАО

Важным этапом и конечной точкой процесса обращения с РАО является их локализация и захоронение без намерений последующего извлечения в специально подготовленных могильниках и прежде всего в геологических формациях. При этом должна использоваться многобарьерная система подземной изоляции РАО, включающая естественные (геологические) и искусственные (инженерные) барьеры. В данном направлении проведен большой комплекс работ ведущими научными организациями, особое место среди которых занимают работы ВНИПИПромтехнологии, Кольского научного центра и Горного института.

В данных работах сформулированы основополагающие принципы обеспечения надежной и безопасной изоляции РАО в геологических формациях: ответственность перед будущими поколениями и радиационная безопасность. Данные принципы соответствуют принципам безопасности и техническим критериям, разработанным МАГАТЭ. Общеизвестно для настоящего времени, что наиболее надёжным и безопасным является удаление РАО в геологические формации, глубинное захоронение. Породный массив представляется в данном случае важнейшим барьером безопасности.

Вместе с тем образование радиоактивных отходов (РАО), подлежащих захоронению, необходимо удерживать на минимальном практически достижимом уровне, причем их характеристики должны соответствовать нормам и правилам в области использования атомной энергии и обращения с РАО, действующим в Российской Федерации.

Важное место в данном процессе занимает разработка и внедрение критериев приемлемости радиоактивных отходов, то есть - критериев качества РАО, которым они должны отвечать после сбора, переработки, хранения и кондиционирования для долговременного хранения и захоронения РАО, разработка указанных критериев предусмотрена нормативными документами Российской Федерации и в настоящее время ведется для объектов обращения с РАО в Северо-западном регионе.

В период транспортирования и хранения РАО должна обеспечиваться структурная стабильность формы РАО, которая определяется совокупностью основных физических и химических характеристик. Форма РАО должна обладать достаточными прочностными характеристиками, чтобы выдерживать нагрузки, возникающие на различных этапах обращения с РАО, и сохранять геометрические размеры. Форма РАО должна быть устойчивой к любым химическим, биологическим, радиационным и тепловым воздействиям, наличие которых разумно предположить.

При установлении критериев приемлемости кондиционированных РАО для их хранения и захоронения следует учитывать следующие основные характеристики РАО:

- суммарная активность упаковки РАО, удельная активность РАО и радионуклидный состав РАО;
- мощность эквивалентной дозы;
- поверхностное загрязнение;
- структурная стабильность формы РАО;
- радиационная стойкость;

а также иные свойства, определенные действующими нормативными документами.

Упаковки РАО, содержащие взрывоопасные и (или) самовозгорающиеся вещества, не могут быть приняты на хранение и захоронение. Содержание ядовитых веществ, химически токсичных веществ, патогенных и инфекционных материалов в упаковке РАО должно быть известно с достаточной степенью точности и должно быть ограничено. Упаковки РАО, содержащие химические вещества с токсиметрическими характеристиками, соответствующими I классу (чрезвычайно опасные) и II классу (высокоопасные), не подлежат приему на хранение и захоронение.

Рассмотрим общие стратегические подходы по обращению с ТРО и ЖРО в Северо-западном регионе (рисунок 7). Данные подходы частично были озвучены перед зарубежными партнерами ранее на совещаниях и семинарах, в том числе нашли свое отражение в материалах СМП-2.



Рис. 7 Стратегические подходы по обращению с ТРО и ЖРО в Северо-западном регионе.

Основными положениями данного подхода являются: централизация обращения с твердыми РАО в региональном центре кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов, с проведением на местах работ только по первичной сортировке и упаковке ТРО; переработка жидких радиоактивных отходов в местах их образования модульными установками.

Одним из основных начальных этапов подготовки РАО к хранению и захоронению является их кондиционирование. Кондиционирование РАО может включать ряд методов, в том числе:

- размещение непереработанных ТРО (ЖРО) в одинарном или двойном контейнере;
- размещение переработанных ТРО (ЖРО) в контейнере;
- размещение отвержденных ЖРО в контейнере;
- размещение и омоноличивание ТРО в контейнере;
- размещение упаковки РАО в дополнительном контейнере.

При выборе метода кондиционирования РАО целесообразно:

- выполнять оценку различных методов кондиционирования РАО с учетом требований к обеспечению безопасности при хранении и захоронении РАО, а также с учетом технических и экономических факторов;

- анализировать ожидаемые после сбора и переработки РАО характеристики РАО, имеющиеся технологии переработки РАО и возникающие при переработке РАО проблемы обеспечения безопасности;
- проводить сопоставление характеристик РАО и соответствующих критериев приемлемости РАО, которым РАО должны отвечать для того, чтобы быть принятыми на хранение и захоронение.

Учитывая сложность обстановки в ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева, а также тот факт, что именно там будет образовываться весьма значительная доля региональных РАО, в результате консультаций и по согласованию с иностранными донорами принято оптимизирующее решение о создании на объекте собственной инфраструктуры в необходимых объемах для обращения с твердыми и жидкими отходами.

Обращение с РАО в случаях, не предусмотренных общей транспортно-технологической схемой, или требующих применения специализированных технологий, производится по отдельным проектам.

Для обращения со средне и низкоактивными ТРО, составляющими основную массу ТРО в регионе, целесообразно применить следующую схему обращения (рисунок 8). В местах хранения и образования производится сбор отходов, их сортировка, первичная дезактивация и упаковка для транспортирования.

После выполнения данных операций, часть отходов перейдет в категорию очень низкоактивных и будет передана в соответствующую схему обращения. Часть отходов будет возвращена в хозяйственный оборот, оставшаяся часть должна быть упакована в контейнеры для транспортирования в региональный центр кондиционирования долговременного хранения и размещена на буферных площадках объектов, с которых будет вывозиться по мере накопления.

Купногабаритное неразборное радиационно-опасное оборудование после дезактивации может не упаковываться в контейнеры, а после подготовки по соответствующим технологиям доставляться в региональный центр целиком. Доставка контейнеров преимущественно должна осуществляться с использованием судна-контейнеровоза, строительство которого планируется по контракту с Италией.



Рис. 8 Обращение со средне и низкоактивными твердыми отходами.

Важным представляется в данной схеме вопрос унификации контейнерного парка для упаковки ТРО на объектах. С целью сокращения объемов операций на местах образования ТРО целесообразно упаковку ТРО на местах производить в обратные транспортные контейнеры единого образца, которые будут поставляться на места из регионального центра после освобождения от отходов предыдущих партий.

После доставки ТРО в региональный центр отходы подлежат распаковке и передаче на мощности регионального центра для окончательной подготовки к долговременному хранению, включая стадии окончательной сортировки и глубокого компактирования. После прохождения технологической цепочки регионального центра отходы подлежат упаковке в сертифицированные для долговременного хранения контейнеры, тип которых должен быть определен, а контейнеры изготовлены и поставлены в региональный центр.

Исключением из данного правила может являться ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева, который, как говорилось выше, является основным источником РАО в регионе и где планируется создание собственных мощностей для обращения с РАО. На объекте будут проводиться все необходимые технологические операции с отходами до упаковки компактированных ТРО контейнеры, определенные для хранения в региональном центре, с учетом критериев приемлемости РАО для их долговременного хранения в региональном центре. Данные контейнеры будут доставляться в региональный центр и без дополнительных технологических операций направляться на хранение.

После введения категории очень низкоактивных отходов появится возможность значительно сократить объемы контейнерного хранения отходов, а соответственно строительных объемов в региональном центре. Основными составляющими данного типа отходов будут являться грунт, горючие отходы, вторичные отходы реабилитационных работ (строительные конструкции), отдельные элементы вспомогательного оборудования (рисунок 9)



Рис. 9 Обращение очень низкоактивными твердыми отходами (после введения категории).

Основные пути образования очень низкоактивных отходов это сбор, очистка грунта мобильной модульной установкой, перевод из категории средне и низкоактивных отходов после дезактивации. Обращение с очень низкоактивными отходами предполагается путем размещения в специальном приповерхностном хранилище в ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева и пункте Гремиха, а также доставка в региональный центр, где производится суперкомпактирование и размещение на хранение для отходов данной категории.

Для жидких радиоактивных отходов предполагается следующий порядок обращения (рисунок 10). ЖРО подлежат переработке на местах модульными установками с последующим отверждением отходов переработки и упаковки их в стандартные бочки для транспортирования к месту хранения в региональном центре.

Вопрос выбора технологии переработки высокоактивных ЖРО и ЖРО сложного химического состава должен решаться в каждом конкретном случае в зависимости от их физико-химических свойств, условий и мест нахождения данных отходов.



Рис. 10 Обращение жидкими радиоактивными отходами.

4. Обращение с высокоактивными РАО

Особую сложность представляет порядок обращения с твердыми высокоактивными отходами. Их доля в общем объеме РАО не превышает 1,5%. Основными видами данных отходов являются стержни систем управления и защиты, а также ловушки с сорбентами фильтров активности, размещенные в основном на территории ПВХ ОЯТ и РАО, а также на судоремонтных заводах (рисунок 11).

Ловушки с сорбентами фильтров активности подлежат упаковке в специальные контейнеры, после чего транспортируются в региональный центр, где размещаются на долговременное хранение.

Обращение со стержнями СУЗ предполагается в зависимости от состояния стержней. Стержни, находящиеся в кондиционном состоянии, не имеющие внешних повреждений и искривлений по длине целесообразно разместить в корпусах реакторов утилизируемых АПЛ в период формирования одноотсечных блоков на «ЦС СРЗ «Нерпа».

Стержни, размещение которых в корпусах реакторов невозможно, подлежат размещению в специальных контейнерах и установке в спецхранилище в региональном центре. Учитывая значительное количество стержней СУЗ, пока оно оценивается числом около

1800, размещенных в ПВХ ОЯТ и РАО, а также на судах АТО, но на наш взгляд эта цифра подлежит уточнению и будет уточняться по мере выполнения обследований хранилищ и проведения работ в губе Андреева и пункте Гремиха.

Размещение стержней СУЗ в корпусах реакторов является технически сложной задачей, связанной с созданием специализированного участка, предположительно на стапельной плите «ЦС СРЗ «Нерпа», чтобы максимально приблизить его к месту формирования одноотсечных блоков и обеспечить доступ к корпусам реакторов, извлечением стержней СУЗ из мест хранения, доставкой к месту проведения работ, размещению в корпусах реакторов, обеспечением безопасности проведения работ. Детали транспортно-технологической схемы обращения с высокоактивными отходами в настоящее время разрабатываются в НИКИЭТ.



Рис. 11 Обращение высокоактивными твердыми радиоактивными отходами.

Преимуществом предлагаемой схемы обращения с высокоактивными стержнями СУЗ является тот факт, что после размещения их в корпусах реакторов утилизируемых АПЛ вопрос решается одновременно и окончательно, так как впоследствии при утилизации одноотсечных блоков РО разборка корпусов реакторов не планируется, а они полностью отправляются на захоронение без вскрытия. Лучшего контейнера для высокоактивных отходов на наш взгляд предложить сложно.

Стержни СУЗ, размещенные даже в самых современных контейнерах, потребуют затрат на долговременное хранение в региональном центре, а также затрат на последующее захоронение с возможной перекладкой в новые контейнеры.

Изложенные методы обращения с различными типами радиоактивных отходов формируют основные требования к системе обращения с РАО в регионе, техническим характеристикам и функциям, возлагаемым на региональный центр.

Региональный центр кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов должен иметь производительность по приему и переработке 5-7,5 тыс. м³/год, и ориентировочный объем принимаемых РАО 100 000 м³. Отходы состоят из примерно 65% металлических, 25% прессующихся, не горючих и 10% горючих отходов. Предусматриваются мощности, обеспечивающие демонтаж, дезактивацию, кондиционирование, временное хранение, и радиационный контроль радиоактивных материалов и отходов.

Обращение с ОЯТ в центре не предусмотрено. Региональный центр должен быть способен принимать и переработать те специальные объекты, которые хранятся на 2-ой очереди (отсеки судов атомного техобслуживания, реакторные отсеки ледоколов и других надводных кораблей), габариты которых превышают габариты реакторных отсеков атомных подводных лодок. Разборка реакторных отсеков должна принципиально предусматриваться в цеху разборки, при необходимости после проведенного дооборудования. Должна быть обеспечена возможность обращения с ЖРО, образующимися при выполнении центром собственных технологических операций.

5. Выводы

Данный подход позволяет использовать оптимально имеющую инфраструктуру или уже запланированную к созданию.

Путем применения на местах только транспортируемых модульных установок сокращается до минимума число объектов капитального строительства на местах, которые сами подлежат последующей ликвидации или реабилитации.

Обращение с РАО в случаях, не предусмотренных общей транспортно-технологической схемой, производится по отдельным проектам.

Техническое задание на создание Регионального центра кондиционирования и долговременного хранения РАО должно содержать данные по наиболее полному насыщению объекта необходимым оборудованием и техническими средствами.

Необходимо произвести технико-экономическую оценку и оптимизацию вариантов транспортно-технологических схем доставки РАО в региональный центр кондиционирования и долговременного хранения РАО.

Необходимо четко определить, унифицировать и минимизировать номенклатуру контейнеров, подлежащих применению в транспортно-технологической схеме.

Указанные работы в настоящее время ведутся и планируются к завершению в текущем году.

Все принципиальные технические решения по системе обращения с РАО должны согласовываться с НИКИЭТ как научным руководителем работ – головной организацией по ядерной и радиационной безопасности при утилизации АПЛ и экологической реабилитации ядерных и радиационно-опасных объектов и утверждаться Росатомом с целью исключения нескоординированных действий и обеспечения проведения единой научно-технической политики при обращении с РАО в Северо-западном регионе.