

АКТУАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ ПО МЕРЕ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО МАСТЕР-ПЛАНА КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ АПЛ

А. А. Саркисов, С. В. Антипов, В. П. Биладенко, В. Л. Высоцкий,
М. Н. Кобринский, П. А. Шведов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

Статья поступила в редакцию 20 августа 2019 г.

В статье приведена информация о разработке и реализации стратегии обращения с радиоактивными отходами, накопленными и вновь образующимися в Северо-Западном регионе России, в ходе выполнения работ по реализации Стратегического Мастер-плана комплексной утилизации АПЛ. Показана необходимость и направления корректировки стратегии без изменения основной цели, на достижение которой она направлена. Описана промышленная инфраструктура, ее возможности и схемы обращения с различными видами РАО на объектах Северо-Западного региона, а также направления совершенствования этих схем в соответствии с разработанной стратегией.

Ключевые слова: Северо-Западный регион, ядерное наследие, радиоактивные отходы, стратегия обращения, инфраструктура предприятий, вывод из эксплуатации, комплексная утилизация АПЛ, реабилитация, радиационная безопасность, экология.

Цель стратегии обращения с РАО в Северо-Западном регионе России

Стратегия обращения с радиоактивными отходами (РАО), накопленными и вновь образующимися при строительстве, эксплуатации, ремонте и утилизации объектов атомного флота в Северо-Западном регионе (в Мурманской и Архангельской обл.), разработана в рамках «Стратегического Мастер-плана комплексной утилизации АПЛ» (СМП) [1]. Основная (стратегическая) цель СМП — «ликвидация угроз для населения, персонала и окружающей среды путем завершения утилизации выведенных из состава ВМФ атомных подводных лодок (АПЛ),

надводных кораблей с ядерными энергетическими установками (НК с ЯЭУ), судов атомного технологического обслуживания (суда АТО) и экологической реабилитации всех связанных с этой деятельностью радиационно опасных объектов в Северо-Западном регионе России».

Для достижения этой общей стратегической цели в СМП рассмотрены различные направления деятельности, которые в совокупности должны обеспечить реализацию всего плана. Соответственно, для каждого из направлений были разработаны свои стратегии действий.

Одна из них — это стратегия обращения с РАО в Северо-Западном регионе. В качестве цели реализации данной стратегии обозначено решение следующей задачи: «радиоактивные отходы, являющиеся наследием прошлых работ, текущих и будущих видов деятельности в рамках СМП, должны быть надлежащим образом кондиционированы, упакованы и помещены на безопасное контролируемое хранение на период как минимум 50 лет, с последующей изоляцией. Предполагается, что окончательная изоляция РАО (захоронение) должна быть произведена до окончания указанного периода промежуточного хранения» [1].

Иными словами, конечной целью СМП в отношении обращения с РАО является размещение в кондиционированной форме твердых (ТРО) и отвержденных жидких (ЖРО) радиоактивных отходов на безопасное хранение в региональном центре кондиционирования и долговременного хранения (РЦКДХ РАО) с последующей возможностью отправки их на захоронение без дополнительной перекомпоновки [2, 3].

Исходные данные для выработки стратегии обращения с РАО в Северо-Западном регионе

Для выработки стратегии были проанализированы все виды деятельности и объекты, на которых имеются или образуются радиоактивные отходы, определены их количественные и качественные характеристики [4].

Виды деятельности, в результате которых образуются РАО

Радиоактивные отходы образуются в результате различных видов деятельности, в частности:

- эксплуатация и обслуживание атомного флота, утилизация АПЛ, выведенных из состава флота, включая формирование блоков реакторных отсеков АПЛ для размещения их на сухое основание с целью длительного хранения;
- утилизация надводных кораблей с ядерной энергетической установкой с формированием реакторных помещений (РП) для размещения их на сухое основание с целью длительного хранения;
- утилизация судов атомного технологического обслуживания с формированием блок-упаковок хранилищ (БХ) для размещения их на сухое основание с целью длительного хранения;
- утилизация атомных ледоколов и лихтеровоза;
- переработка и кондиционирование накопленных и образующихся РАО для размещения на долговременное хранение;
- экологическая реабилитация пунктов временного хранения отработавшего ядерного топлива

и РАО (в губе Андреева и пункте Гремиха Мурманской обл.), на судоремонтных и судостроительных заводах, на базе атомного ледокольного флота;

- экологическая реабилитация выводимых из эксплуатации ПВХ РАО в Мурманском отделении филиала «Северо-Западный территориальный округ» ФГУП «РосРАО»;
- вывод из эксплуатации блоков Кольской АЭС (в СМП не учитывалась).

Объекты Северо-Западного региона, в результате деятельности которых образуются РАО

- Северо-Западный центр по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО» (СЗЦ «СевРАО») — филиал ФГУП «РосРАО» и его отделения: отделение «Губа Андреева», отделение «Гремиха» и отделение «Сайда-Губа»;
- АО «Центр судоремонта «Звездочка» (АО «ЦС «Звездочка»);
- судоремонтный завод «Нерпа» филиал АО «ЦС «Звездочка» (СРЗ «Нерпа»);
- АО «10 судоремонтный завод» (АО «10 СРЗ»);
- ФГУП «Атомфлот»;
- мурманское отделение филиала «Северо-Западный территориальный округ» ФГУП «РосРАО» (Мурманское отд. филиала «РосРАО»);
- Кольская АЭС (в СМП не учитывалась);
- АО «Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие» (АО «ПО «Севмаш»);
- плавучие объекты (АПЛ, НК с ЯЭУ, атомные ледоколы, суда АТО).

Географическое расположение этих объектов показано на рис. 1.



Рис. 1. Географическое расположение объектов хранения и обращения с РАО в Северо-Западном регионе

Оценка объемов РАО, образующихся при утилизации кораблей и судов атомного флота и реабилитации ПВХ РАО и ОЯТ

Для выработки стратегии обращения с РАО в рамках работы над СМП были собраны и систематизированы данные об основных

количественных характеристиках РАО, накопленных и образующихся в процессе утилизации атомных кораблей, судов и реабилитации хранилищ (объем, агрегатное состояние, активность, состав и т. д.). Эти данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. Объемы РАО в Северо-Западном регионе, накопленные от утилизации атомных кораблей, судов, при реабилитации ПВХ РАО И ОЯТ и ожидаемые до конца 2020 г.

Объект	ТРО накоплено / ожидается, м ³			ЖРО накоплено / ожидается, м ³		
	НАО	САО	ВАО*	НАО	САО	ВАО
Утилизация атомных кораблей и судов, реабилитация ПВХ РАО и ОЯТ						
Отделение «Губа Андреева»	15120 / до 7000	2063 / до 3400	428 / до 50	2710 / до 41700	620 / до 4300	50 / нет
Отделение «Гремиха»	1300 / до 2000	200 / до 500	8 / нет	891 / 13200	128 / 520	0,2 / нет
АО «ЦС «Звездочка»**	1630 / до 5000	881 / до 10	25 / до 1	1047 / до 600	189 / до 60	21 / до 10
АО «ПО Севмаш»***	120 / до 5000	15 / до 5	2 / до 1	11 / до 450	42 / до 50	5 / до 5
СРЗ «Нерпа»	2911 / до 100	нет / до 10	5 / до 1	173 / до 300	нет / до 30	нет / до 3
АО «10 СРЗ»	796 / до 30	126 / до 30	8 / до 1	180 / до 150	18 / до 15	2 / до 2
ФГУП «Атомфлот»	1028 / нет	473 / нет	55 / нет	нет / нет	нет / нет	нет / нет
НК с ЯЭУ (1 шт.)	нет / до 1000	нет / до 215	нет / нет	нет / до 120	нет / до 100	нет / нет
ПТБ «Лепсе»	224 / до 370	373 / до 700	73 / до 90	нет / до 200	51 / нет	3,3 / нет
ПТБ, ТНТ, ПКДС (15 шт.)	56 / до 4170	410 / до 300	нет / нет	370 / до 700	174 / нет	нет / нет
Итого	23250 / до 25000	4540 / до 5000	600 / до 140	5400 / до 57600	1200 / до 5000	80 / до 20

Примечания:

* В береговых и плавучих хранилищах находятся стержни системы управления защитой (ССУЗ), относящиеся в ВАО, в том числе в отделении «Губа Андреева» – 1520 ССУЗ, в отделении «Гремиха» – 60 ССУЗ, в ПТБ – 206 ССУЗ.

** При ликвидации хранилища № 162 дополнительно ожидается до 5000 м³ ТРО.

*** При ликвидации хранилища «Миронова Гора» ожидается до 5000 м³ ТРО.

Методика, условия и принципы разработки стратегии обращения с РАО в Северо-Западном регионе

Разработанная в рамках СМП стратегия обращения с РАО в Северо-Западном регионе базировалась на следующих принципиальных решениях [5]:

- в регионе создается Центр кондиционирования и длительного хранения РАО в отделении «Сайда-Губа» (РЦКДХ РАО);
- все объекты региона, на которых накоплены и будут образовываться ТРО категорий НАО и САО, должны передавать их в РЦКДХ РАО для приведения в такое состояние, которое позволит осуществлять их длительное безопасное хранение и в последующем передать национальному оператору для захоронения без дополнительной обработки;
- ТРО, полученные при утилизации АПЛ, НК с ЯЭУ и судов АТО, помещены в РО, РП, БХ и

отправлены на долговременное хранение в ЦДХ РО в отделение «Сайда-Губа»;

- в ПВХ ОЯТ и РАО в отделении «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО» создается комплекс по обращению с ВАО ТРО;
- все имеющиеся и образующиеся ВАО ТРО передаются в отделение «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО» с целью кондиционирования, с последующей передачей на длительное хранение в РЦКДХ РАО и оттуда — национальному оператору на захоронение;
- в РЦКДХ РАО создается модульная мобильная установка для переработки жидких ВАО и САО по месту их образования. Установка должна доставляться на предприятия и объекты из РЦКДХ РАО судном-контейнеровозом.

При этом предполагалось, что будут выполнены следующие условия:

- безопасное обращение с РАО всех категорий на всех объектах, где они образуются в течение ближайшего десятилетия, с

поэтапным переходом от временного хранения к долговременному;

- создание новых, модернизация существующих производственных комплексов и установок по обращению с РАО, оптимизация их использования для переработки и кондиционирования отходов всех категорий с целью обеспечения их безопасного долговременного хранения в РЦКДХ РАО с последующей передачей национальному оператору на захоронение;
- введение нормативных ограничений срока временного хранения РАО на предприятиях утилизации и объектах реабилитации в регионе с целью интенсификации процесса передачи отходов в РЦКДХ РАО.

Разработка стратегии

В результате анализа вышеприведенных исходных данных, при соблюдении основных принципов и сформулированной стратегической цели деятельности по обращению с РАО в Северо-Западном регионе России, стало возможным разработать стратегию ее достижения. Методика разработки стратегии базировалась на интеграционном подходе и состояла в подготовке, рассмотрении и сравнении по разным параметрам возможных вариантов, выборе оптимального и детальной проработке его до уровня формирования программ, проектов и учета необходимых ресурсов [6]. При этом были рассмотрены преимущества и недостатки действующих систем обращения с РАО на каждом объекте, их потенциальные возможности и вероятные изменения, связанные с предстоящей реорганизацией (угрозы, риски), проведен анализ существующих стратегий предприятий и сопоставление их с эталонными (рекомендуемыми МАГАТЭ). Это позволило выбрать приемлемые пути развития системы обращения с РАО в регионе.

Было рассмотрено несколько возможных стратегических подходов к развитию региональной системы обращения с РАО: от «оставить все как есть» до «немедленная переработка и окончательная изоляция всех РАО любой ценой» (стратегия, ориентированная на общественное мнение). В результате был выбран поэтапный комплексный подход, который учитывал положительные стороны вышеназванных стратегий и существующие реалии, что позволило разработать «стратегию оптимизации», которая отражает ряд общих и частных стратегических подходов. Эта стратегия используется и реализуется при выполнении СМП.

Необходимость актуализации исходной информации и периодической корректировки стратегии с учетом появления новых обстоятельств

С момента разработки СМП прошло более 10 лет и произошли существенные правовые, нормативные, технологические и иные изменения, влияющие на общую стратегию обращения с РАО в РФ, в т. ч. в Северо-Западном регионе. В этой связи возникала необходимость адаптации предложенных стратегических решений к этим изменениям и приведения их в соответствие с Законом Российской Федерации от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [7].

Здесь проявилось одно из преимуществ примененного при разработке СМП интеграционного подхода — возможность «достройки» программы обращения с РАО в рамках уже принятой стратегии. Это позволило безболезненно внести в программы обращения с РАО коррективы, учитывающие ряд новых обстоятельств:

- необходимость включения в стратегию новых объектов, планируемых к выводу из эксплуатации: атомных ледоколов и Кольской АЭС;
 - учет последствий радиационной реабилитации прилегающих территорий и морских акваторий;
 - возможность использования судна АТО «Серебрянка» для транспортировки не только ОЯТ, но и ТРО с целью сокращения сроков реабилитации ПВХ «Гремиха»;
 - возможность использования судна АТО «Серебрянка» для транспортировки ЖРО со всего региона на ФГУП «Атомфлот» или АО «ЦС «Звездочка»;
 - необходимость принятия решения о выборе единого способа переработки ВАО ЖРО в местах их образования на предприятиях утилизации в связи с решением отказаться от сооружения комплекса по обращению с ВАО в отделении «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО»;
 - необходимость оценить и обосновать количественные показатели и требования к условиям долговременного хранения и захоронения вновь введенной категории отходов — ОНРАО.
- Проведенная с учетом появления новых обстоятельств и произошедших изменений соответствующая корректировка принятой стратегии обращения с РАО не затронула ее основ, но позволила перевести на более высокий уровень детализации.

В ходе разработки СМП была выполнена большая работа по сбору и систематизации данных

об основных характеристиках РАО, накопленных и ожидаемых при дальнейшей утилизации атомных кораблей и судов, реабилитации хранилищ ОЯТ и РАО (объем, агрегатное состояние, активность, состав) [8]. Но в связи с принятием закона об обращении с РАО, изменениями критериев отнесения РАО к различным категориям, созданием единой государственной системы обращения с РАО потребовалось уточнение этих данных.

Собранная из разных источников информация позволила авторам исследований [4] получить достоверную актуализированную картину об объемах накопленных и ожидаемых РАО. Объемы таких РАО на разных объектах в Северо-Западном регионе, включая Мурманское отделение филиала Северо-Западного территориального округа «РосРАО» и 1–4 блоки Кольской АЭС, по прогнозу до 2025 года приведены в табл. 2.

Таблица 2. Интегральное количество накопленных и ожидаемых РАО в Северо-Западном регионе до окончания утилизации и реабилитации (2025 г.)

Вид деятельности	ТРО		ЖРО	
	Объем, м ³	Активность, Бк	Объем, м ³	Активность, Бк
	накоплено/ ожидается	накоплено/ ожидается	накоплено/ ожидается	накоплено/ ожидается
Утилизация АПЛ, НК с ЯЭУ и реабилитация ПВХ ОЯТ и РАО	30 000 / 30 000	7·10 ¹⁶ / 4·10 ¹⁵	7 000 / 62 000	5·10 ¹⁵ / 3·10 ¹⁴
Утилизация ледоколов	нет / 20 000	нет / 1·10 ¹⁵	нет / 2 000	нет / 1·10 ¹⁴
Реабилитация Мурманского отделения филиала Северо-Западного территориального округа «РосРАО»	300 / 5 000	2·10 ¹⁴ / 1·10 ¹⁴	100 / 100	1·10 ¹² / 1·10 ¹²
Вывод из эксплуатации энергоблоков Кольской АЭС	9 000 / 80 000	4·10 ¹⁵ / 5·10 ¹⁶	7 000 / 1 000	1·10 ¹⁴ / 1·10 ¹⁴
Итого	40 000 / 135 000	7·10 ¹⁶ / 5·10 ¹⁶	14 000 / 65 000	5·10 ¹⁵ / 5·10 ¹⁴
Суммарно	более 175 000	около 1,3·10 ¹⁷	более 79 000	около 6,0·10 ¹⁵

Реализация стратегических решений по обращению с РАО в регионе

При разработке стратегии обращения с РАО, применительно к объектам утилизации АПЛ, НК с ЯЭУ, судов АТО и реабилитации ПВХ ОЯТ и РАО, принимались во внимание как зарубежный опыт, так и общепринятые принципы, такие как [9]:

- выполнение рекомендаций МАГАТЭ по обращению с РАО;
- применение общего технического подхода на всех объектах;
- применение апробированных и проверенных технологий;
- максимальное использование существующих производственных мощностей;
- минимальное строительство дублирующих объектов на предприятиях;
- создание новых комплексов переработки РАО в местах их наибольшего сосредоточения;
- переработка, кондиционирование и долговременное хранение ТРО в едином центре;
- оптимизация создания ПДХ/захоронения твердых ОНАО.

Откорректированная стратегия направлена на то, чтобы деятельность предприятий по обращению с РАО с использованием существующих у них средств в перспективе заменить на использование стационарного комплекса по обращению с РАО в отделении «Сайда-Губа» СЗЦ

«СевРАО» и мобильных установок по переработке ЖРО, которые необходимо создавать. Для этого требуется корректировка локальных стратегий обращения с РАО на предприятиях.

Необходимость их корректировки вызвана также изменениями форм собственности и ведомственной принадлежности предприятий, значительным сдвигом сроков создания и модернизации инфраструктуры, уточнением количества РАО, передаваемого для переработки, реальной производительностью действующих установок. С учетом этого, а также в связи с созданием новых и модернизацией существующих объектов и технологий, которые будут описаны ниже, развитие инфраструктуры и схемы обращения с РАО на предприятиях в соответствии с актуализированной стратегией должны быть следующими.

Отделение «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» [10]. Ввод в эксплуатацию «Берегового пункта длительного хранения реакторных отсеков» (ПДХ РО), предназначенного для безопасного хранения реакторных отсеков, реакторных помещений и отсеков хранения ОЯТ и РАО, сформированных при утилизации кораблей и судов с ядерными энергетическими установками и «Регионального центра кондиционирования и долговременного хранения РАО», который будет принимать от предприятий региона ТРО, образовавшиеся при утилизации объектов атомного флота.

Создание ПДХ РО позволяет организовать наземное хранение реакторных отсеков АПЛ в количестве 150 единиц, фрагментов судов АТО в количестве 15 единиц, блоков ППУ атомных ледоколов в количестве 10 единиц и утилизировать после соответствующей выдержки находящиеся на долговременном хранении РО, РП и блок упаковки судов АТО.

Создание ПДХ РО с размещением реакторных отсеков на суше обеспечивает их безопасное хранение в силу того, что на хранение принимаются РО, подготовленные промышленными предприятиями и с выгруженным отработавшим ядерным топливом. Организация их хранения в соответствии с нормативными требованиями научно обоснована и обеспечивает высокую степень защиты, контроля, учета. Инженерно-технические решения по всем системам обеспечения базируются на последних достижениях в соответствующих областях науки и техники.

При таком подходе безопасное хранение реакторных отсеков обеспечено в течение 70–100 лет. За это время уровень радиоактивного излучения конструкций должен снизиться до безопасного значения, при котором возможна полная и окончательная утилизация отсеков, при условии возможности размещения реакторов в пунктах захоронения ВАО ТРО.

Одновременно с сооружением основной части ПДХ РО (стапельная плита) велись работы по прокладке инженерных коммуникаций и строительству объектов инфраструктуры. Разработана транспортно-технологическая система постановки отсеков на стапельную плиту. Она включает специально оборудованный плавдок, судовозное оборудование и гидротехнический комплекс, состоящий из оборудованного

причала для плавдока, подводной опоры для его посадки и стоянки для погружения. Большое значение для обеспечения длительного хранения имеет ремонтный цех, в котором с периодичностью в 10 лет будут производиться регламентные работы по обслуживанию реакторных отсеков. Общий вид ПДХ РО приведен на рис. 3.

Кроме того, в ПДХ РО «Сайда» создана инфраструктура по разделке плавучих реакторных блоков АПЛ (РБ) и формированию блоков реакторных отсеков (РО), подготовке их к долговременному хранению на суше. На конец 2018 г. сформированы и установлены на долговременное хранение 114 РО. Для осуществления доковых операций в ПДХ РО на итальянской верфи Финкантьери построен и передан СЗЦ «СевРАО» док-понтон «Итарус».

Док-понтон «Итарус» должен выполнять следующие функции:

- осуществлять транспортировку из пунктов временного хранения и передачу на стапельную плиту отделения «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» плавучих РБ утилизированных АПЛ для дальнейшей их разделки;
- транспортировать в ПДХ РО из СРЗ «Нерпа» сформированные РО, выгружать их с платформы судна на пирс;
- доковать плавучие РБ утилизированных АПЛ с ПВХ РО «Сайда» для обеспечения их непотопляемости;
- транспортировать блок-упаковки утилизированных судов АТО.

В 2015 г. введен в эксплуатацию Региональный центр кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов. Этот центр создан как третья очередь проекта ПДХ РО «Сайда» и представляет собой автономное



Рис. 3. Общий вид ПДХ РО

сооружение закрытого типа, по своим техническим характеристикам отвечающее самым высоким европейским стандартам. Прототипом ему послужил пункт хранения радиоактивных отходов «Zwischenlager Nord (ZLN)» компании EWN GmbH в германском городе Любмине. Региональный центр принимает РАО из Мурманской и Архангельской областей с судоремонтных заводов и бывших береговых технических баз. Исключение составляет Кольская АЭС (в настоящее время вопрос находится в юридической проработке).

В центре выполняются комплексы работ по кондиционированию твердых радиоактивных отходов, разделению на отходы хранения и чистый металл, долговременному хранению кондиционированных радиоактивных отходов низкой и средней активности. Центр состоит из четырех элементов: зоны кондиционирования ТРО; цеха разборки; административно-бытового и технического блока.

Участок переработки ЖРО обеспечивает переработку методом упаривания только вторичных ЖРО, образующихся в процессе эксплуатации самого ЦКДХ РАО.

Основные показатели ЦКДХ РАО:

- общая вместимость 92 000 м³ (на первом этапе 57 500 м³) РАО;
- годовая производительность — 1 380 м³ РАО/год; 5 блоков РО;
- расчетный период эксплуатации — 100 лет, кондиционирование РАО — на 30 лет.

Отделение «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО». Поскольку на данном объекте было накоплено и ожидалось образование наибольшего количества РАО, здесь предполагалось создать многофункциональный комплекс по обращению со всеми РАО.

В состав комплекса должны были войти:

- сооружение по обращению с ТРО производительностью до 2 000 м³/год;
- сооружение по обращению с ЖРО производительностью до 3 000 м³/год;
- накопительная площадка для временного хранения упаковок (ВНПУ) с загруженным ТРО до отправки их на долговременное хранение в РЦКДХ «Сайда»;
- укрытия над заглубленными хранилищами ТРО, обеспечивающие изоляцию отходов от окружающей среды до их удаления к месту дальнейшего обращения (здания 201 и 202). Сооружение этих укрытий было признано первоочередной задачей, и они были построены и приняты в эксплуатацию в 2012 г.;
- пункт изоляции ОНАО.

Была разработана и прошла экспертизу проектная документация на остальные сооружения

комплекса. С началом работ по подготовке строительной площадки для здания 203 (комплекс ТРО) обнаружилось, что значительная часть подлежащего выемке грунта загрязнена радиоактивными веществами. Оценка объемов ТРО, которые могли образоваться в ходе строительства здания, показала, что их невозможно будет безопасно разместить на площадке. Поэтому по решению ГК «Росатом» строительство здания было отменено.

Аналогичный риск существовал и в отношении здания 1 (комплекс ЖРО). Детальный анализ проектной документации показал, что путем незначительной доработки проекта оборудования по обращению с ЖРО можно разместить в уже построенном на тот момент здании 154 (ремонтно-механический цех и участок дезактивации оборудования) и небольшой пристройке к нему. Соответствующая доработка проекта была проведена, он прошел необходимое согласование в России. Поскольку в рамках технической помощи финансирование этих работ осуществляет Италия, начало проведения конкурса и физических работ сдерживалось отсутствием одобрения со стороны МЭР Италии — конкурс объявлен лишь в сентябре 2019 г. В соответствии с проектными решениями создаваемый комплекс обращения с ЖРО сможет перерабатывать НАО ЖРО, включая ЖРО сложного физико-химического состава.

Здание 205 для кратковременного хранения упаковок ТРО до их отправки в РЦКХ «Сайда» построено и принято в эксплуатацию в 2018 г.

Первичные упаковки с РАО и отработавшие ресурс фильтр-контейнеры установок переработки жидких ВАО специальными судами и/или автотранспортом перевозятся в Сайда-Губу для долговременного хранения.

Отделение «Гремиха» СЗЦ «СевРАО» [11], СРЗ «Нерпа». Мощностей по переработке РАО нет, их создание на предприятиях не планируется.

Жидкие НАО и САО по мере накопления спецтанкером «Серебрянка» отправляют на переработку в отделение «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО» (дублирующий вариант — отправка на ФГУП «Атомфлот»).

Жидкие ВАО перерабатываются на месте с помощью мобильной установки с сорбцией радионуклидов в фильтр-контейнерах.

Твердые НАО и САО по мере накопления специальными судами и/или автотранспортом перевозятся в отделение «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» для временного хранения, переработки и долговременного хранения.

ФГУП «Атомфлот». Жидкие НАО и САО перерабатываются собственными средствами.

Упаковки с отвержденными РАО специальными судами перевозятся в отделение «Сайда-Губа» для долговременного хранения.

АО «10 СРЗ». Твердые НАО перерабатываются на месте с помощью мобильной установки. Упакованные отходы специальными судами и/или автотранспортом перевозятся в отделение «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» для долговременного хранения.

АО «ЦС Звездочка». Жидкие НАО перерабатываются собственными средствами. Упаковки с отвержденными РАО специальными судами перевозятся в отделение «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» для долговременного хранения.

Твердые НАО перерабатываются на месте собственными средствами (в т. ч. путем сжигания горючих НАО). Упакованные отходы специальными судами перевозятся в отделение «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» для долговременного хранения.

АО «ПО «Севмаш». Жидкие НАО по мере накопления отправляют на переработку на АО «ЦС «Звездочка».

Твердые НАО по мере накопления отправляют на переработку на АО «ЦС «Звездочка».

Мурманское отделение С-3 филиала «РосРАО». Мощностей по переработке РАО нет, их создание на предприятии не планируется.

Кольская АЭС. Жидкие НАО и САО перерабатываются собственными средствами. Упаковки с отвержденными РАО автотранспортом перевозятся в Отделение «Сайда-Губа» для долговременного хранения.

Жидкие ВАО перерабатываются на месте с помощью мобильной установки с сорбцией радионуклидов в фильтр-контейнерах.

Твердые НАО перерабатываются на месте собственными средствами. Упакованные отходы автотранспортом перевозятся в отделение «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» для долговременного хранения.

Для реализации предложенной стратегии обращения с РАО в Северо-Западном регионе и вариантов ее реализации на предприятиях необходимо поддерживать активную эксплуатацию действующих установок на ФГУП «Атомфлот», АО «10 СРЗ», АО «ЦС «Звездочка и Кольской АЭС, обеспечивать эксплуатацию специальных судов.

Анализ проблем обращения с РАО в Северо-Западном регионе

Обращение с ОНРАО. После принятия закона об обращении с РАО и установления критериев отнесения ТРО к категории ОНРАО сооружение хранилищ ОНРАО в отделениях «Губа Андреева»

и «Гремиха» СЗЦ «СевРАО» было признано нецелесообразным: большой объем отходов, отнесенных к новой категории ОНРАО, не позволял соорудить приповерхностные пункты изоляции на территориях этих объектов на допустимом нормативами удалении от береговой линии. Поэтому накопленные и вновь образующиеся ТРО категории ОНРАО продолжают размещать на площадках временного хранения.

Аналогичная ситуация сложилась и на других предприятиях региона. До принятия общего решения о создании приповерхностных пунктов захоронения ОНРАО предприятия вынуждены хранить отходы этой категории на собственных территориях. В результате происходит накопление ОНРАО практически на всех предприятиях, где осуществляется обращение с радиоактивными материалами. Необходимо вновь оценить объемы накопленных и темпы образования ОНРАО с тем, чтобы оптимизировать размещение пунктов изоляции этих отходов в регионе в целом [12].

Обращение с ВАО ЖРО. В настоящее время жидкие ВАО могут перерабатываться на месте образования с помощью мобильных установок с сорбцией радионуклидов в фильтр-контейнерах.

До настоящего времени нерешенным остается вопрос по обращению с САО и ВАО ЖРО сложного физико-химического состава. Необходимо создание мобильных модульных установок для их переработки.

Обращение с ВАО ТРО. После отказа от строительства комплекса по обращению с ТРО в отделении «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО» вновь возникла проблема обращения с ВАО ТРО.

Необходимо вновь оценить возможные варианты обращения с ВАО, которые в конечном итоге должны сводиться к оптимизации способов передачи упаковок ВАО на долговременное промежуточное хранение в отделение «Сайда-Губа» СЗЦ «СевРАО» в виде, приемлемом для РЦКДХ.

В настоящее время принимаются различные разовые решения по обращению с ВАО ТРО, позволяющие осуществлять текущие мероприятия по утилизации выведенных из состава ВМФ и гражданского флота кораблей, судов и береговых объектов.

Так, в 2017 г. в отделении «Гремиха» СЗЦ «СевРАО» начались работы по подготовке, извлечению, загрузке в специальные контейнеры и размещению на хранение в РЦКДХ «Сайда-Губа» ВАО, накопленных в здании 19 и хранящихся на открытой площадке временного хранения ТРО.

Размещение на долговременное хранение контейнеров с ВАО отработавших выемных

частей реакторов АПЛ с жидкометаллическим теплоносителем, контейнеров с отработавшими стержнями систем управления и защиты реакторов и других контейнеров с ВАО производится по отдельному решению Госкорпорации «Росатом», согласованному с органами Ростехнадзора.

Комплексное решение по проблеме обращения со всеми накопленными ВАО отложено до 2021 г. и на последующие годы.

Обращение с бериллийсодержащими РАО.

В ходе разработки СМП не рассматривались проблемы обращения с РАО, образующимися при переработке ядерного топлива, выгруженного из реакторов АПЛ и НК с ЯЭУ. Все топливо перерабатывалось (перерабатывается и в настоящее время) на ФГУП «ПО Маяк», где имеется отлаженная система обращения с ТРО и ЖРО всех категорий активности.

Однако для некоторых видов ядерного топлива транспортных реакторов в момент завершения разработки СМП не существовало апробированных промышленных технологий переработки. К ним, в частности, относится уран-бериллиевое топливо реакторов с жидкометаллическим теплоносителем, применявшееся в АПЛ класса «Альфа».

Дальнейшие работы по развертыванию инфраструктуры переработки U-Be топлива были перенесены на завод РТ-1 ФГУП «ПО Маяк». В результате переработки пилотной партии топлива была обоснована безопасность разработанной специалистами РТ-1 технологии обращения с бериллийсодержащими РАО. В настоящее время переработка U-Be ОЯТ производится на «ПО «Маяк», а образующиеся РАО кондиционируются и размещаются в хранилище ФГУП «ПО Маяк».

Заключение

Подводя итоги вышеизложенному, можно сказать, что разработанная в рамках «Стратегического Мастер-плана комплексной утилизации АПЛ» стратегия обращения с радиоактивными отходами, накопленными и вновь образующимися при строительстве, эксплуатации, ремонте и утилизации объектов атомного флота в Северо-Западном регионе, позволила успешно реализовывать Программу комплексной утилизации АПЛ, своевременно и гибко реагировать на изменение и появление новых факторов, влияющих на ожидаемые результаты, находить оптимальные решения для разрешения возникающих проблем, обеспечивать безопасность и эффективность работ. Сама же стратегия с появлением таких факторов корректируется и

актуализируется без изменения основной стратегической цели, на достижение которой она направлена.

К сожалению, пока не удастся по объективным причинам решить две принципиальные проблемы, о которых было сказано выше. Это — конечная стадия обращения с ОНРАО и ВАО ТРО. Проблема ОНРАО в основном вызвана неопределенностью в законодательной и нормотворческой сфере, что привело к накоплению ОНРАО практически на всех предприятиях, где осуществляется обращение с радиоактивными материалами. Теперь требуется заново оценивать объемы накопленных и темпы образования новых ОНРАО с тем, чтобы оптимизировать размещение будущих пунктов изоляции этих отходов. Что касается ВАО ТРО, то принимающиеся разовые решения по обращению с ними пока позволяют осуществлять текущие мероприятия по утилизации объектов атомного флота и реабилитации береговых объектов. Комплексное же решение, которое будет включать и проблему обращения со всеми накопленными ВАО, отложено до 2021 г. и на последующие годы, что будет отражено в стратегии обращения с РАО на Северо-Западе России.

Интеграционный подход, используемый при разработке и корректировке стратегических решений, может также служить инструментом оптимизации нормативно-правовой базы обращения с РАО путем прогнозирования возможных последствий предлагаемого изменения законодательства.

Литература

1. Strategic Master Plan for Decommissioning the Retired Russian Nuclear Fleet and Environmental Rehabilitation of Its Supporting Infrastructure in NorthWest Russia. M.: Foundation for Environmental Safety of Engineering (IBRAE RAS). Part I-III. 2007. — 525 p.
2. Саркисов А. А., Большов Л. А., Антипов С. В. Разработка Стратегического Мастер-плана утилизации выведенного из эксплуатации российского атомного флота и реабилитации радиационно опасных объектов обслуживающей его инфраструктуры. Washington, D. C.: The National Academies Press, 2005. 25 с.
3. Саркисов А. А., Большов Л. А., Антипов С. В. Итоги пятилетней реализации и перспективы дальнейшего использования СМП // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2013. № 2. С. 4—11.
4. Ахунов В. Д., Васильев А. П., Высоцкий В. Л., Еременко В. В., Коваленко В. Н., Кобринский М. Н.

Решение проблем обращения с РАО в Северо-Западном регионе России // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2013. № 2. С. 19–32.

5. *Большов Л. А. и др.* Разработка стратегических решений по обращению с РАО, образующимися при утилизации АПЛ и реабилитации береговых объектов. М.: ИБРАЭ РАН. — 2008 — 98 с.

6. *Саркисов А. А., Богатов С. А., Высоцкий В. Л., Кобринский М. Н., Мартыненко С. В.* Применение современных методов планирования в ходе разработки и реализации Стратегического Мастер-плана комплексной утилизации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота на Северо-Западе России // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2009. № 6. С. 4–23.

7. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

8. *Саркисов А. А., Высоцкий В. Л., Богатов С. А., Сивинцев Ю. В., Иванов Б. М.* Стратегия обращения с радиоактивными отходами, образующимися при утилизации и реабилитации ядерных и радиационно опасных объектов на Северо-Западе России // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2009. № 6. С. 60–71.

9. Принципы обращения с радиоактивными отходами (Основы безопасности. Серия № 111- F). Вена. МАГАТЭ. 1996. — 28 с.

10. *Варнавин А. П., Книвель Н. Я., Миттан Д.* Состояние работ по созданию ЦКДХ РАО // Вопросы утилизации АПЛ. 2010. № 2 (20). С. 86–95.

11. *Калинин Р. И., Мартыненко С. В., Никольский О. А., Степеннов Б. С., Шведов П. А.* Цели и критерии экологической реабилитации бывшей БТБ «Гремеха» // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2009. № 6. С. 39–47.

12. *Абалкина И. Л., Линге И. И.* Особенности обращения с РАО от вывода из эксплуатации // Радиоактивные отходы. 2018. № 3. С. 6–15.

Информация об авторах

Саркисов Ашот Аракелович, академик РАН, профессор, доктор технических наук, советник РАН, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: sarkisov@ibrae.ac.ru.

Антипов Сергей Викторович, доктор технических наук, заместитель директора, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: santipov@ibrae.ac.ru.

Билашенко Вячеслав Петрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: bilvp@ibrae.ac.ru.

Высоцкий Валентин Леонидович, доктор технических наук, заведующий лабораторией, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: vvl@ibrae.ac.ru.

Кобринский Михаил Натанович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: mnk@ibrae.ac.ru.

Шведов Павел Алексеевич, заместитель заведующего отделом, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: spa@ibrae.ac.ru.

Библиографическое описание статьи

Саркисов А. А., Антипов С. В., Билашенко В. П., Высоцкий В. Л., Кобринский М. Н., Шведов П. А. Актуализация стратегии обращения с радиоактивными отходами в Северо-Западном регионе России по мере реализации Стратегического Мастер-плана комплексной утилизации АПЛ // Радиоактивные отходы. 2019. № 4 (9). С. 20–31. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-4-20-31.

PROGRESSIVE UPDATING OF RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT STRATEGY FOR THE NORTHWESTERN REGION OF RUSSIA ALONG WITH THE IMPLEMENTATION OF STRATEGIC MASTER PLAN ON COMPREHENSIVE DECOMMISSIONING OF SHUTDOWN NUCLEAR FLEET FACILITIES

Sarkisov A. A., Antipov S. V., Bilashenko V. P., Vysotsky V. L., Kobrinsky M. N., Shvedov P. A.

Nuclear Safety Institute of RAS, Moscow, Russia

Article received on August 20, 2019

The paper overviews the development and implementation of RW management strategy covering both accumulated and newly generated waste in the Northwestern Region during the implementation of 'The Strategic Master Plan on Comprehensive Dismantlement and Decommissioning of Shutdown Nuclear Fleet Facilities and Environmental Remediation of Supporting Infrastructure'. The paper presents the needs and the mechanisms for the strategy adjustment with no changes affecting its main goal. The paper presents the industrial infrastructure, its capabilities and management flowsheets for various types of radioactive waste facilities of the Northwestern Region along with the areas and the ways enabling their improvement in accordance with the strategy developed.

Keywords: Northwestern Region of Russia; nuclear legacy; radioactive waste; management strategy; infrastructure of facilities; decommissioning; comprehensive decommissioning of nuclear submarines; remediation; radiation safety; environment.

References

1. Strategic Master Plan for Decommissioning the Retired Russian Nuclear Fleet and Environmental Rehabilitation of Its Supporting Infrastructure in NorthWest Russia. M.: Foundation for Environmental Safety of Engineering (IBRAE RAS). Part I-III. 2007. — 525 p.
2. S. Antipov, L. Bolshov, and A. Sarkisov. Razrabotka Strategicheskogo Master-plana utilizatsii vyvedennogo iz ekspluatatsii rossijskogo atomnogo flota i reabilitatsii radiacionno opasnykh ob"ektov obsluzhivayushchej ego infrastruktury [Development of a Strategic Master Plan for Disposition of Decommissioned Russian Nuclear-Powered Fleet and Rehabilitation of Hazardously Radioactive Sites and Facilities of Its Support Infrastructure] / Washington, D. C.: The National Academies Press, 2005. 65–80 p.
3. Sarkisov A. A., Bolshov L. A., Antipov S. V. [Itogi pyatiletnej realizatsii i perspektivy dal'nejshego ispol'zovaniya SMP] Five-year implementation results and perspectives of future SMP application. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Energetika — Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2013, no.2, pp. 4–11.
4. Akhunov V. D., Vasil'ev A. P., Vysotsky V. L., Eremenko V. V., Kovalenko V. N., Kobrinsky M. N. Reshenie problem obrashcheniya s RAO v Severo-Zapadnom regione Rossii [Solution of the Radwaste Management Problem in the North-West Region of Russia]. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Energetika — Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2013, no. 2, pp. 19–32.
5. Bol'shov L. A. et al. Razrabotka strategicheskikh reshenij po obrashcheniyu s RAO, obrazuyushchimisya pri utilizatsii APL i reabilitatsii beregovykh ob"ektov Development of strategic solutions on management RW formed during utilization of nuclear submarines and rehabilitation of costal facilities. Moscow, IBRAE RAN Publ., 2008. 98 p.
6. Sarkisov A. A., Bogatov S. A., Vysotskiy V. L., Kobrinskiy M. N., Martynenko S. V. Primenenie sovremennykh metodov planirovaniya v khode razrabotki i realizatsii Strategicheskogo Master-plana kompleksnoj utilizatsii vyvedennykh iz ekspluatatsii ob"ektov atomnogo flota na Severo-Zapade Rossii [Application of present-day method of planning during development and implementation of the strategic master plan complex decommissioning of retired nuclear fleet and its supporting infrastructure in NorthWest Russia]. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Energetika — Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2009, no. 6, pp. 4–23.
7. Federalny zakon ot 11 iyulya 2011 g. № 190-FZ «Ob obrashchenii s radioaktivnymi othodami i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii» [Federal Law of 11 July 2011 No. 190 "On radioactive waste management and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation"] (In Russian).
8. Sarkisov A. A., Vysotskiy V. L., Bogatov S. A., Sivintsev Yu. V., Ivanov B. M. Strategiya obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami, obrazuyushchimisya pri utilizatsii i reabilitatsii yadernykh i radiacionno

опасnykh ob"ektov na Severo-Zapade Rossii [The Management strategy for radioactive waste produced in the course of decommissioning and remediation of nuclear- and radiation-hazardous facilities in North-West Russia]. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Energetika – Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2009, no. 6, pp. 60–71.

9. Principles of Radioactive Waste Management: A Safety Fundamental (Russian Edition) 111-F. IAEA, Vienna. 1996. – 28 p.

10. Varnavin A. P., Knievel N. Y., Mietann D. RW Conditioning and Long-Term Storage Center Works Progress. *NPS Dismantling Issues*, 2010, no.2(20), pp. 84–95.

11. Kalinin R. I., Martynenko S. V., Nikoskiy O. A., Stepennov B. S., Shwedov P. A. Celi i kriterii ekologicheskoy reabilitacii byvshej BTB «Gremikha» [Objectives and criteria of environmental rehabilitation of former coastal maintenance base “Gremikha”]. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Energetika – Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2009, no. 6, pp. 39–47.

12. Abalkina I. L., Linge I. I. Osobennosti obrashcheniya s RAO ot vyvoda iz ekspluatatsii [Peculiarities of decommissioning waste management]. *Radioaktivnye otkhody – Radioactive Waste*, 2018, no.3(4), pp. 6–15.

Information about the authors

Sarkisov Ashot Arakelovich, Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Adviser of the Russian Academy of Sciences, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya Str., Moscow, 115191, Russia), e-mail: sarkisov@ibrae.ac.ru.

Antipov Sergey Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Deputy Director, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya Str., Moscow, 115191, Russia), e-mail: santipov@ibrae.ac.ru.

Bilashenko Vyacheslav Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya Str., Moscow, 115191, Russia), e-mail: bilvp@ibrae.ac.ru.

Vysotsky Valentin Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Head of Laboratory, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya Str., Moscow, 115191, Russia), e-mail: vvl@ibrae.ac.ru.

Kobrinsky Mikhail Natanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya Str., Moscow, 115191, Russia), e-mail: mnk@ibrae.ac.ru.

Shvedov Pavel Alekseevich, Deputy Head of Department, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya Str., Moscow, 115191, Russia), e-mail: spa@ibrae.ac.ru.

Bibliographic description

Sarkisov A. A., Antipov S. V., Bilashenko V. P., Vysotsky V. L., Kobrinsky M. N., Shvedov P. A. Progressive Updating of Radioactive Waste Management Strategy for the Northwestern Region of Russia Along with the Implementation of Strategic Master Plan on Comprehensive Decommissioning of Shutdown Nuclear Fleet Facilities. *Radioactive Waste*, 2019, no. 4 (9), pp.20–31. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-4-20-31. (In Russian).