

Проектные решения по созданию пунктов захоронения ОНАО В Северо-Западном регионе РФ

Демин А.В., Великина С.А.

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И
ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

(ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ»)

Тел.: (812) 430-01-34. Телефакс: (812) 430-03-93. E-mail: mail@vni Piet.spb.ru

Аннотация

В докладе рассмотрены основные аспекты, влияющие на формирование проектных решений при создании пунктов захоронения (ПЗ) очень низкоактивных отходов (ОНАО).

Представлено краткое описание актуальности проблемы обращения с ОНАО в РФ, с учетом существующей и недавно разработанной санитарно-гигиенической нормативной документации.

Для формирования проектных решений выполнен анализ характеристик ОНАО образующихся в губе Андреева на различных этапах процесса реабилитации.

Проведена оценка различных концепций конструкции ПЗ ОНАО в условиях площадки в губе Андреева.

На основании общих критериев выбора места размещения ПЗ ОНАО определено место размещения ПЗ и его конструкция.

Выполнен обзор основных аспектов (вместимость ПЗ, виды упаковок, срок эксплуатации и др.) влияющих на принятие проектных решений по разработке конструкции пункта захоронения для ОНАО.

Представлены предварительные результаты экономических оценок создания ПЗ для ОНАО на объекте в губе Андреева и проведен предварительный анализ экономической эффективности раздельного захоронения ОНАО и НАО.

Перечень сокращений

АПЛ	– атомная подводная лодка
ЖРО	– жидкие радиоактивные отходы
НАО	– низкоактивные отходы
ОНАО	– очень низкоактивные отходы
ОЯТ	– отработавшее ядерное топливо
ПВХ	– пункт временного хранения
ПДХ	– пункт долговременного хранения
ПЗ	– пункт захоронения
ПЗОНАО	– пункт захоронения очень низкоактивных отходов
РАО	– радиоактивные отходы
САО	– среднеактивные отходы
ТРО	– твердые радиоактивные отходы
ТЭИ	– технико-экономические исследования

1 Актуальность проблемы

Северо-Западный регион России насыщен большим количеством предприятий оборонного и народнохозяйственного значения, являющихся потенциальными источниками ядерной и радиационной опасности.

Особую озабоченность вызывают объекты ядерного наследия, а именно: бывшие береговые технические базы атомного флота СССР в губе Андреева и пос. Гремиха, и множество других объектов оборонного значения. Хранение ядерного топлива и радиоактивных отходов на этих объектах осуществлялось в непригодных сооружениях и даже на открытых площадках.

Геологическая среда в местах хранения радиоактивных материалов представлена в основном насыпными породами с высокой проницаемостью, и как результат произошло радиационное загрязнение территории, которая в настоящее время подлежит реабилитации.

В настоящее время по основным объектам ядерного наследия - гб. Андреева, пос. Гремиха, проводится комплекс работ с целью реабилитации территории, перемещения ОЯТ на переработку, создания систем переработки радиоактивных отходов и передачи их на долговременное хранение в специализированном пункте в губе Сайда.

До недавнего времени при создании систем обращения с РАО использовались консервативные и сверхконсервативные и затратные решения, которые основывались на действующей системе классификации РАО. В настоящее время в классификации РФ производится выделение новой группы отходов - «очень низкоактивные отходы» (ОНАО).

Очень низкоактивные отходы не соответствуют критериям вывода из-под регулирующего контроля, но и не требуют высокой степени изоляции и радиационной защиты, что позволяет захоранивать их в приповерхностных могильниках.

Очень низкоактивные отходы имеют сравнительно небольшой период потенциальной опасности, в среднем до 100 лет, что позволяет размещать сооружения захоронения ОНАО на территории реабилитируемого объекта.

Создание пунктов захоронения ОНАО несет в себе «ключ» к решению вопросов оптимизации долговременного хранения и переработки РАО, поскольку выделение категории ОНАО из общего потока радиоактивных отходов, снизит объемы поступления ОНАО в пункты долговременного хранения РАО.

В настоящее время ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» разрабатывает проект первого в Северо-Западном регионе Р. Ф. сооружения захоронения ОНАО на территории ПВХ в губе Андреева.

2 Нормативная база и характеристики категории ОНАО

Категория очень низкоактивных отходов до недавнего времени отсутствовала в системе классификации РФ и, следовательно, отсутствовали нормативы по обращению и захоронению ОНАО. Единственным документом, в котором неявным образом упоминалась эта группа отходов был - ОСПОРБ-99 [1].

В марте 2008 года введен в действие нормативный документ «Гигиенические требования к обращению с промышленными отходами на Федеральном государственном унитарном предприятии «Северное Федеральное предприятие по обращению с радиоактивными отходами». Руководство разработано специально для предприятий ФГУП «СевРАО» и устанавливает требования по обеспечению безопасного обращения с **производственными отходами** с низкими уровнями содержания токсических веществ и техногенных радионуклидов, накопленных исторически и образующихся при реабилитации пунктов временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов на предприятиях СевРАО, а также устанавливает требования к устройству, содержанию и эксплуатации полигона захоронения.

В соответствии с этим Руководством к ОНАО относятся отходы, если:

при неизвестном радионуклидном составе отходов

- выполняется неравенство:

$$P_1 < P \leq P_2, \quad (1)$$

где P – мощность дозы у поверхности отходов (0,1 м); P_1 - мощности дозы от естественного радиационного фона, характерного для данной местности; P_2 - мощность дозы у поверхности (0,1 м) отходов с неизвестным радионуклидным составом, при превышении которой они считаются твердыми радиоактивными отходами, - в соответствии со СПORO-2002 [3]

$$P_2 = 1 \text{ мкЗв/ч.}$$

- содержание в них β -излучающих радионуклидов составляет 0,3 – 100 кБк/кг, α -излучающих радионуклидов составляет 0,3 – 10 кБк/кг, трансурановых радионуклидов составляет 0,3 – 1 кБк/кг.

при известном радионуклидном составе отходов, если соблюдается два условия:

$$0,3 \text{ кБк/кг} < a_i < \text{МЗУА} \quad (2)$$

$$\sum_i^n \frac{a_i}{\text{МЗУА}_i} \leq 1, \quad (3)$$

где a_i – удельная активность i -ого радионуклида в отходах;
МЗУА - минимально значивая удельная активнсоть Бк/г.

Особенность отходов предприятий СевРАО обусловлена тем, что как правило, основной вклад (до 95 %) в их активность и формирование дозы облучения персонала вносят ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs .

В таблице 1 Руководства представлены критерии отнесения к ОНАО, при усредненном составе отходов ^{90}Sr (20%) и ^{137}Cs (80%) с незначительным содержанием α -излучателей (<0,1%).

Таблица 1 - Критерии сортировки промышленных отходов на Сев РАО при изотопном составе: ^{90}Sr (20%) и ^{137}Cs (80%)

Категория отходов	Удельная β -активность, кБк/кг	Поверхностное загрязнение, β -частиц/м*см ²	Мощность дозы на расстоянии 0,1 м от поверхности упаковки, мкЗв/ч
Освобожденные отходы	$\leq 0,3$	$\leq 50,0$	Не превышение естественного радиационного фона, характерного для данной местности, более чем на 0,1
ОНАО	0,3 – 12,0	50,0 – 500,0	0,1 – 1,0

Примечание: удельная активность и поверхностная загрязненность применяются одновременно, не исключая друг друга.

При наличии отходов с иным изотопным составом эти критерии должны быть пересчитаны в соответствии с формулами (2) и (3).

При сортировке исторически накопленных отходов с неизвестным изотопным составом и невозможностью его определения, сортировка может осуществляться по уровням γ -излучения (см. формулу (1)).

Кроме того, гамма-излучающие отходы неизвестного радионуклидного состава могут быть освобождены из-под регулирующего контроля, если: мощность дозы у их поверхности на расстоянии 0,1 м (P) не превышает верхней границы диапазона изменений мощности дозы (P_1) от естественного радиационного фона, характерного для конкретной местности:

$$P \leq P_1 \quad (4)$$

Отходы при известном радионуклидном составе при любой массе освобождаются из-под регулирующего контроля, если выполняется условие:

$$\sum_i^n \frac{a_i}{a_{0i}} \leq 1 \quad (5)$$

где: a_{0i} - максимальное значение удельной активности нуклида i в отходах в отсутствии других радионуклидов, при котором они снимаются из-под контроля, кБк/кг. В соответствии с ОСПОРБ-99 для всех радионуклидов значение величины a_{0i} равны 0,3 кБк/кг.

При обосновании радиационной безопасности системы захоронения для персонала, населения и окружающей среды, с учетом характеристик площадки, особенностей проекта и характеристик защитных барьеров полигона, радионуклидного состава отходов направляемых на полигон захоронения пункта временного хранения допускается повышение удельной активности в упаковке до 30,0 кБк/кг. В отдельных упаковках (не более 10% от общего объема захоронения) могут захораниваться отходы, удельная активность которых достигает 100,0 кБк/кг (таблица 2).

Таблица 2 Допустимые характеристики ОНАО, направляемых на полигон захоронения Сев РАО, при изотопном составе ^{90}Sr (20%) и ^{137}Cs (80%)

Очень низкоактивные отходы	$A_{\text{уд}}$ в упаковке, (кБк/кг)	Мах $A_{\text{уд}}$ в упаковке, (кБк/кг)	поверхностное β -загрязнение (част/м*см ²)	МЭД, (мкЗв/час)	Содержание α - (%)
	0,3-30,0	< 100,0	50,0-500,0	< 1,0 на расстоянии 0,1 метр	< 0,1

Отходы и материалы, освобожденные из-под регулирующего контроля, могут, направляться для захоронения на полигоны для промышленных отходов вне территории промышленных площадок «Сев РАО» или могут быть использованы в хозяйственной деятельности без ограничений.

3 Общий подход при принятии решения о строительстве ПЗ ОНАО

В соответствии с Р 2.6.5.04-08 для очень низкоактивных отходов предусмотрено захоронение в приповерхностных могильниках.

При принятии решения по организации ПЗ ОНАО может использоваться определенный алгоритм, или общий подход, который учитывает специфические условия самого объекта и концепцию реабилитации данного объекта. На объекте в губе Андреева реализуется алгоритм, представленный на рисунке 1.

Отправной точкой в принятии решения о необходимости создания ПЗ ОНАО на ПВХ в губе Андреева является принятая концепция реабилитации объекта, в которой определены условия и этапы проведения работ на данном объекте. Далее определяются основные источники ОНАО и этапы их образования, проводится прогнозная оценка образования ОНАО на каждом этапе работ (например, подготовка к строительству, строительство, вывод из эксплуатации и т.д.). На основании полученных данных, определяется вместимость сооружения захоронения для каждого этапа образования ОНАО. Количество сооружений захоронения на объекте определяется наличием свободных площадей и определенными этапами образования ОНАО, объемами образующихся отходов.

Выбор способа захоронения (наземное, слабозаглубленное, заглубленное), глубины захоронения отходов, свойства и количество барьеров, а также их назначение определяются в проекте полигона в зависимости от:

- формы отходов;
- количества отходов;
- радионуклидного состава отходов;
- общей и удельной активности отходов;
- класса опасности отходов;
- свойств вмещающих горных пород;
- геологических и гидрогеологических характеристик района и площадки размещения сооружения захоронения (в частности, уровнем грунтовых).

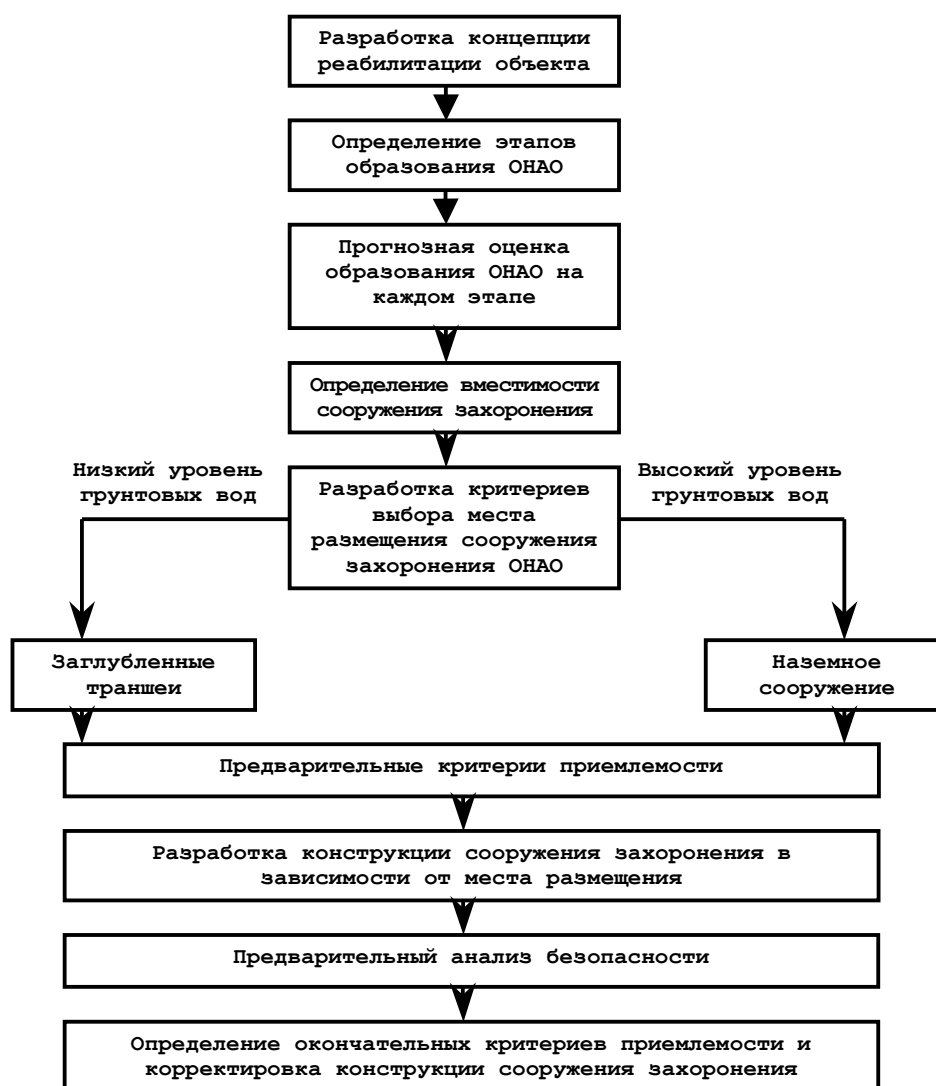


Рисунок 1 - Алгоритм принятия решений по организации сооружения захоронения ОНАО

Затем разрабатываются предварительные критерии приемлемости; конструкция сооружения захоронения в зависимости от особенностей площадки размещения ПЗ.

По результатам предварительной оценки безопасности оценивают необходимость в корректировке критериев приемлемости и конструкции сооружения захоронения.

4 Организация захоронения ОНАО на ПВХ в губе Андреева

В настоящее время ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» закончил разработку технико-экономических исследований (ТЭИ) по вариантам организации захоронения очень низкоактивных отходов на ПВХ в губе Андреева и приступил к разработке проекта.

В разработанных ТЭИ проведен анализ источников образования ОНАО, рассмотрены этапы строительства ПЗ ОНАО, выбрано место строительства, а также выполнен анализ и проведена оптимизация технических характеристик ПЗ ОНАО.

4.1 Источники образования ОНАО

Источниками образования ОНАО в процессе реабилитации ПВХ в губе Андреева являются:

- здания и сооружения, подлежащие демонтажу при строительстве цехов обращения с ОЯТ и РАО,
- ТРО накопленные в «старых» хранилищах РАО и на открытых площадках,
- а также территория объекта при выполнении работ по реабилитации территории.

При выполнении этих работ будут образовываться в основном следующие виды ОНАО:

- строительные конструкции (бетон, кирпич, арматура и др.),
- грунт,
- средства индивидуальной защиты персонала, упаковочные материалы.

В соответствии с «Руководством...» [2] сбор ОНАО, проводится вблизи от мест их образования.

Сортировка и сбор осуществляется в различную тару (упаковки) в зависимости от:

- величины удельной активности и химических характеристик;
- взрыво- и пожароопасности;
- размеров (мелко – и крупногабаритные);
- принятых методов переработки отходов;
- вида использования в хозяйственных целях или захоронения.

При сборе ОНАО не допускается их перемешивание с РАО.

4.2 Этапы строительства пункта захоронения и прогнозные объемы ОНАО

Этапы строительства пункта или пунктов захоронения ОНАО определяются этапами работ по реабилитации объекта в губе Андреева, а образование отходов во времени позволяет сгруппировать ОНАО на 3 потока отходов:

- 1-ый поток - ОНАО, образующиеся в течение ~2- 4-х лет до начала и в период строительства цехов обращения с ОЯТ, ТРО и ЖРО;
- 2-ой поток - ОНАО, образующиеся в течение 10 - 15 лет при эксплуатации цехов по обращению с ОЯТ, ТРО и ЖРО и разборке существующих хранилищ ТРО;
- 3-ой поток - ОНАО, образующиеся при выводе ПВХ в губе Андреева из эксплуатации и реабилитации территории, который включает вывод из эксплуатации построенных зданий и сооружений для обращения с ОЯТ и РАО и хранилищ кондиционированных РАО, а также реабилитацию территории.

На рисунке 2 представлены этапы образования и прогнозные объемы ОНАО, образующиеся в процессе реабилитации ПВХ в губе Андреева.



Рисунок 2 - Этапы и прогнозируемое количество образования ОНАО на ПВХ в губе Андреева

В виду удаленности этапа-2 и этапа-3 во времени, а также отсутствия свободных площадей на технической территории ПВХ в губе Андреева для размещения сооружений захоронения на этих этапах, в настоящее время разрабатывается проект ПЗ ОНАО, вместимостью 2000 м³ для первого этапа работ.

5 Обоснование технических характеристик ПЗ ОНАО

5.1 Выбор места размещения

В соответствии с Руководством [2] при выборе площадки для пункта захоронения должны учитываться геологические, гидрогеологические и сейсмические характеристики. Площадка должна иметь подъездные пути для транспорта с материалами, оборудованием и собственно отходами. Площадка не должна быть перспективной с точки зрения возможного вовлечения ее в хозяйственную деятельность. Выполнение этих условий обеспечивается размещением ПЗ ОНАО на технической территории ПВХ гб. Андреева. Однако ввиду ограниченности свободных площадей на технической территории при анализе пригодности к строительству ПЗ ОНАО рассматривались все возможные варианты. На стадии ТЭИ были рассмотрены 5 возможных мест размещения: территория на месте расположения мазутных емкостей; территория на месте котельной, территория рядом с бывшим хранилищем ОЯТ, территория рядом с подстанцией, территория рядом с причалом. Выбор площади для организации ПЗ ОНАО осуществлялся по принципам:

- нарушения транспортных потоков РАО и ОЯТ;
- бесперспективности использования площадей для строительства первоочередных объектов.

В результате исследований была выбрана территория на месте мазутных емкостей. Предварительный анализ данных инженерно-геологических изысканий технической территории ПВХ в губе Андреева показал возможность строительства сооружения наземного (курганного) типа, а не заглубленного (траншейного) типа. Высокий уровень расположения грунтовых вод на технической территории ПВХ в губе Андреева не позволяет реализовать конструкцию заглубленного типа.[4].

5.2 Варианты конструкции сооружения захоронения ОНАО

В ходе работ по ТЭИ [4] рассматривались различные варианты конструкции сооружения захоронения ОНАО - траншеи, сооружения курганного типа, в существующих объектах.

Результаты оценки безопасности показали нецелесообразность размещения отходов в существующих емкостях топочного мазута, что связано со сложностью герметизации старых емкостей, устройства подстилающих экранов и высокой проницаемостью стенок емкостей, что в конечном счете приведет к миграции радионуклидов в случае попадания осадков в зону захоронения.

В рамках ТЭИ также прорабатывались разные варианты конструкции приповерхностных сооружений - без привязки к объекту - прямоугольной и квадратной формы, с привязкой к конкретной территории - с подпорной стеной и усиленным основанием.

В результате анализа вариантов, в ТЭИ [4] был рекомендован для дальнейшего проектирования вариант наземного сооружения захоронения (курганного типа). За основу была принята конструкция аналогичного могильника для ОНАО (VLLW) в Оскархамн (Швеция).

5.3 Виды упаковок поступающих в ПЗ ОНАО

В соответствии с Руководством [2] ОНАО должны поступать на ПЗ в упакованном виде на специальном транспорте. Упаковки, принимаемые на захоронение в приповерхностном могильнике:

- крупногабаритные контейнеры для размещения крупногабаритных отходов и строительного мусора;
- биг-беги для размещения грунта и мелкого строительного мусора;
- брикеты прессованных мягких очень низкоактивных отходов.

Контейнеры и мешки с ОНАО поступающие в ПЗ выполняют только формообразующую функцию при организации их упорядоченной укладки в могильник.

5.4 Подготовка отходов к захоронению ОНАО

ОНАО не требуют специальной подготовки к захоронению.

Предусматривается распределение ОНАО по упаковкам, в зависимости от номенклатуры отходов (грунт, мусор, прессуемые отходы, крупногабаритные отходы).

Для прессуемых (мягких) ОНАО, с целью сокращения объема, предусматривается подпрессовка с усилием 70 т (сокращение объема ~ в 2,5 раза). В результате подпрессовки на захоронение поступают брикеты ОНАО, объемом 1 м³.

5.5 Характеристика сооружения захоронения ОНАО

Одним из основных элементов сооружения захоронения ОНАО является армированная плита из железобетона сложной конфигурации, толщиной 0,3 м в основной части, и толщиной 0,5 м в зоне подпорной стенки (см. рисунок 3). На стадии проектирования детально прорабатывается вариант сооружения захоронения ОНАО со ступенчатой плитой основания.

Плита должна быть уложена на подстилающий экран, состоящий из следующих слоев (снизу вверх):

- уплотненное основание;
- песок;
- щебень;
- бетонная подготовка.

Для отвода атмосферных осадков с плиты предусмотрена система канавок в плите; наклон плиты 2-3 % в сторону здания. По канавкам вода стекает в сорбционный слой, а затем по канавке поступает в приямок, где производится отбор проб для контроля загрязненности воды. После контроля вода направляется самотеком на рельеф.

Для обеспечения устойчивости и гидроизоляционной защиты конструкции с западной стороны (со стороны скалы) устанавливается подпорная стенка из железобетона

толщиной 0,5 м, высотой в средней части - 5,0 м, и далее уменьшается до 1,5 м к краям плиты.

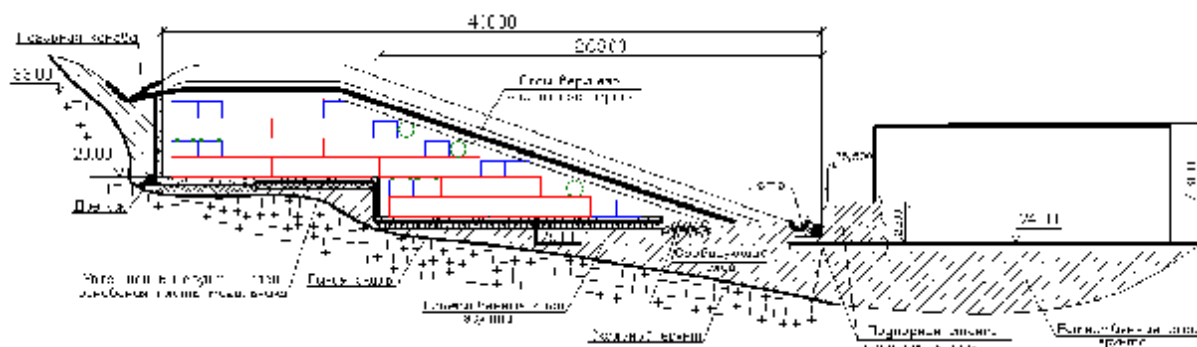


Рисунок 3 - Конструкция сооружения захоронения ОНАО со ступенчатым основанием

Основу конфигурации могильника составляют крупногабаритные металлические контейнеры с ОНАО, установленные в штабель в 3 яруса по высоте, расстояние между контейнерами 0,1 м. На периферии каждого штабеля и в 4-й ярус штабеля укладываются брикеты прессованных отходов и биг-беги (прочные полиэтиленовые мешки). Упаковками с ОНАО формируется сечение сооружения куполообразной формы.

Промежутки между контейнерами и брикетами заполняются каменной крошкой (песком) для создания сечения вертикальной фильтрации.

Над загруженной частью сооружения создаются следующие слои покрывающего экрана:

- слой каменной крошки (очень мелкого гравия - песка) для заполнения свободного пространства между контейнерами и брикетами и создания над упаковками с ОНАО слоя толщиной 0,5 м;
- 2 слоя гидроизоляционного материала (общей толщиной 3 мм), настилаемого поверх каменной крошки;
- слой каменной крошки толщиной ~0,5 м поверх гидроизоляционного материала;
- слой щебня и валунов (крупные камни) общей толщиной слоя ~1,5 м.

По периметру могильника размещаются наблюдательные скважины для мониторинга окружающей среды [5].

5.6 Предварительные критерии ОНАО для захоронения

Предварительные критерии позволяют итерационно приблизиться к тем характеристикам отходов, которые будут приняты на захоронение на данном конкретном полигоне захоронения с конкретными техническими параметрами (см. рисунок 4).

Предварительные критерии приемлемости отходов к захоронению формируются на основе международного опыта, требований нормативных документов РФ. Далее опираясь на принятую концепцию обращения с отходами и конструкцию сооружения захоронения, а также учитывая состав подстилающих и покрывающих экранов, инженерных и естественных барьеров, проводятся предварительные расчеты оценки безопасности. По результатам этих расчетов формируются окончательные критерии приемлемости отходов к захоронению.



Рисунок 4 - Подход к разработке критериев приемлемости отходов

Предварительные критерии приемлемости отходов к захоронению на ПЗ ОНАО представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Предварительные критерии приемлемости ОНАО к захоронению

Наименование параметра/требования		Значение	Примечание
Требования к упаковке ОНАО			
Удельная активность радионуклидов в упаковке, кБк/кг		0,3-30,0	
Максимальная удельная активность радионуклидов в упаковке, кБк/кг		100	
Уровень поверхностного β -загрязнения ОНАО, част/см ² мин		50-500	
Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/час		<1,0	на расстоянии 0,1 м от упаковки
Максимальное содержание долгоживущих α -активных радионуклидов, %		0,1	
Крупногабаритные контейнеры		Штабелирование в 3 яруса	
Масса	Крупногабаритные контейнеры, т	не более 24	
	Биг-беги, т	не более 1,5	
	брикеты, т	0,5	
Влагосодержание		Естественное	
Срок потенциальной опасности для ОНАО		100 лет	
Требования к форме отходов			
Твердые или отвержденные отходы			
Спрессованные в брикеты прессуемые ОНАО			
Класс токсичности - IV-III			

6 Экономические показатели различных конструкций ПЗ для ОНАО

Экономическая оценка стоимости захоронения ОНАО, выполненная для пилотного проекта в губе Андреева показала, что полная удельная стоимость захоронения составляет - 17,3 тыс.руб/м³ ОНАО (470 €).

Рассчитанная стоимость более чем в два раза превышает стоимость захоронения ОНАО в странах, где реализованы аналогичные проекты могильников.

В таблице 4 приведена удельная стоимость захоронения ОНАО для стран, где реализованы проекты могильников ОНАО.

Таблица 4 - Стоимость захоронения ОНАО в Литве, Швеции, России

Страна	Характеристика могильника	Стоимость захоронения 1 м ³
Швеция	Могильник курганного типа на 10000м ³	154 €
Литва (проектные значения)	Могильник курганного типа на 12000 м ³ отходов	190 €
Россия (проектные значения)	Могильник курганного типа на 2000 м ³ В пересчете на 10000м ³	470 € ≈ 295 €

Анализ расчетных данных и методических подходов к определению стоимости захоронения ОНАО для разных стран, показал, что высокую стоимость захоронения ОНАО на ПВХ в гб. Андреева по сравнению со Шведским и Литовским могильниками обуславливают следующие причины:

- *различие методических подходов к расчетам капитальных и эксплуатационных затрат.* При отнесении затрат на покрывающие экраны могильника и контейнеры к эксплуатационным затратам удельная стоимость захоронения ОНАО составит 9,6 тыс. руб/ м³ (260 €/м³) . При отнесении этих затрат к капитальным - удельная стоимость захоронения составит 17,3 тыс. руб./м³ (470 €/м³);
- *сложность конструкции,* определяемая особенностями рельефа площадки – необходимость подпорной стены, усиленного основания, сложной конфигурации плиты;
- *ограничение по вместимости могильника (2000 м³),* определяемое размерами существующей площадки - вместо 10000 м³ или 12000 м³, как это сделано в Швеции и Литве, соответственно.
- *необходимость строительства отдельно стоящего здания* для размещения участков предварительной подготовки отходов к захоронению – участка прессования ОНАО.

Учитывая эти причины, при дальнейшей разработке рабочего проекта могут быть использованы следующие решения для снижения удельной стоимости строительства ПЗ ОНАО:

- максимальное использование существующих зданий и техники, имеющихся на объекте;
- максимальное увеличение общей емкости могильника в пределах выделенной территории;
- изменение методического подхода расчета инвестиционных затрат при выполнении экономических расчетов.

7 Анализ экономической эффективности создания пунктов захоронения ОНАО

Затраты на обращение с РАО, так же, как и затраты на снятие с эксплуатации радиационных объектов, оцениваются многими специалистами в разных странах, и разброс этих оценок достаточно большой. Дать точный оценки можно только по реальным затратам, для конкретного объекта с учетом его специфики и после разработки проектных материалов.

В работах [6] [7] приведены затраты на обращение с РАО вплоть до окончательного захоронения по материалам, полученным в Голландии, Швеции и Великобритании. Данные по России – расчётные, из проекта, разработанного ГИ ВНИПИЭТ для регионального приповерхностного могильника РАО в Ленинградской области РФ.

Таблица 5 - Сравнение стоимости долговременного хранения и захоронения РАО в разных странах в (\$/м³)

Страна	НАО	САО	ВАО	Примечание
Голландия	6 500		13 000	Наземное хранение в течение ~ 100 лет
Швеция	~ 3 500 (1 000÷5 000)		-	Подземное захоронение
Великобритания	1 900	19 000	-	Подземное захоронение НАО Длительное (~100 лет) хранение САО и ВАО
Россия	~ 1500		-	Наземное захоронение

Таблица 6- Затраты на обращение с низкоактивными ТРО [6]

Страна Предприятие	Стоимость строительства 1 м ³ хранилища ТРО	Суммарные затраты (кондиционирование, долговременное хранение/захоронение 1 м ³)
Германия	~ 4 000 €	~ 10 000 €
Швеция	1 700 \$	~ 4 000 \$
Англия	~ 4 000 €	~ 10 000 €
США	3700 \$	5 000-10 000 \$
Россия ЛСК «Радон» МосНПО «Радон»	~100 000 руб.	134 000 руб. 402 000 руб.

В [8] приводится оценка захоронения НАО в Drigg на уровне - £3000/м³, что соответствует ~ 5400 \$/м³.

В [9] приводятся анализы стоимости затрат на захоронение низкоактивных отходов, которые лежат в диапазоне от 1000 \$/м³ до более, чем 8000 \$/м³.

Усредненные оценки стоимости временного хранения НАО в традиционных наземных хранилищах и окончательного их захоронения в приповерхностных могильниках в виде бетонных отсеков составляют – не менее 3000 €/м³.

В Швеции в Оскаршамне в 2004 г. построен новый могильник ОНАО, рассчитанный на 10 000 м³ (6000 т). Суммарная активность < 300 GBq, содержание Cs-137 менее 10%, и менее 1% α-излучателей. Стоимость, включая проектирование, лицензирование, строительство и захоронение, составляет 154 €/м³ (257 €/т).

Усредненные оценки стоимости захоронения ОНАО в упрощенных приповерхностных могильниках составляют ≈ 300 €/м³.

Не сложные расчеты показывают, что при выделении из группы НАО новой группы ОНАО и организации отдельной схемы захоронения этой группы может быть получена экономия - 2,7 млн. € на каждые 1000 м³ ОНАО.

Как правило, 30-60% РАО образующихся при выведении объектов использования атомной энергии из эксплуатации можно отнести к категории очень низкоактивных.

Захоронение ОНАО непосредственно на объекте позволит сэкономить более чем половину средств, затрачиваемых на обращение с РАО.

Такая экономия оправдывает все затраты на введение этой категории РАО и создание приповерхностных могильников для них. Видимо, именно эти соображения сыграли важную роль для принятия Швецией решения о финансировании проекта наземного сооружения захоронения для ОНАО в губе Андреева.

Создание пункта захоронения для ОНАО в губе Андреева, а в последующем аналогичного могильника в п. Гремиха, позволит ускорить и удешевить всю схему обращения с ТРО.

Повсеместное, широкое использование категории ОНАО при обращении с РАО и строительство упрощенных пунктов захоронения для них позволит снизить расходы на размещение 1 м³ отходов не менее, чем в 10 раз. Это позволит уменьшить количество НАО и САО за счёт увеличения доли ОНАО, что в свою очередь позволит добиться снижения суммарных затрат, включающих расходы на дезактивацию и на размещение ТРО в хранилищах разного типа.

Тем не менее, в настоящее время в РФ продолжается практика строительства временных хранилищ РАО низкого и среднего уровня активности, которая обусловлена неопределенностью сроков ввода в эксплуатацию могильников по причине отсутствия или недостаточности финансирования их разработки. Учитывая, что себестоимость временного хранения РАО в сооружениях, удовлетворяющих современным требованиям, сопоставима с приповерхностным захоронением, использование временных решений экономически неэффективно, т. к. приводит к двойным затратам.

Литература

[1] СП 2.6.1.799-99 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)

[2] Руководство 2.6.5.04-08 «Гигиенические требования к обращению с промышленными отходами на Федеральном государственном унитарном предприятии «Северное федеральное предприятие по обращению с радиоактивными отходами», Москва, 2008

[3] Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002), Минздрав России, 2002.

[4] Техничко-экономические исследования приповерхностного хранения условно радиоактивных отходов ПВХ в губе Андреева. Задача 1-8 - Основные технические решения Исх. № 3649, ФГУП «ГИ «ВНИПИЭТ», 2007.

[5] Техничко-экономические исследования приповерхностного хранения условно радиоактивных отходов ПВХ в губе Андреева. Задача 12 - Заключительный отчет и сводное резюме по ТЭИ. Исх. № 07-02779, ФГУП «ГИ «ВНИПИЭТ», 2007.

[6] Ю. В. Четкин «Обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом в ГНЦ РФ НИИАР», Димитровград, 2006 г.

[7] А. П. Васильев «Сравнение подходов в разных странах к проблемам обращения с радиоактивными отходами». 12-й международный симпозиум «Урал атомный, Урал промышленный», Екатеринбург, февраль 2005 г.

[8] L. R. Fellingham, RWE NUKEM, UK “Strategic consideration in the remediation of contaminated sites in UK” and “UK practical experience of contaminated site remediation”. Доклад на семинаре CEG IAEA “Strategic Aspects of Radioactive Waste Management and Remediation of Contaminated Sites”, 26-27 April 2006, Stockholm, Sweden.

[9] Curt Bergman “Model repository for low and intermediate level short lived waste”. Доклад на семинаре CEG IAEA “Isolation and Disposal of Radioactive Waste”, 28-30 June 2006, Olkiluoto, Finland.