

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПО УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ АТОМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРАЖДАНСКОГО ФЛОТА

К.Н. Куликов, ОАО «НИПТБ «Онега»,
Р.А. Низамутдинов, ОАО «НИПТБ «Онега»

АННОТАЦИЯ

В настоящее время в оперативном ведении ФГУП «Атомфлот» находится шесть судов атомного технологического обслуживания. Два из них (ПТБ «Володарский», ПТБ «Лепсе») выведены из эксплуатации и содержатся на плаву у причалов. Еще одно судно – ПТБ «Лотта» – должно быть выведено из эксплуатации в ближайшие два года.

Суда атомного технологического обслуживания, на борту которых хранятся ОЯТ и РАО, являются источниками возможного радиационного загрязнения Мурманской области и Кольского залива, вследствие того, что длительное нахождение судна на плаву в состоянии отстоя отрицательно сказывается на техническом состоянии корпусных конструкций. В связи с этим, в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности» на 2008 год и на период до 2015 года Госкорпорацией «Росатом» на разработку проектов утилизации ПТБ «Володарский» и ПТБ «Лотта» привлечено ОАО «НИПТБ «Онега».

В ходе разработки проектов утилизации судов атомного технологического обслуживания была проведена технико-экономическая оценка вариантов утилизации. При этом были рассмотрены следующие варианты:

- формирование блока-упаковки в виде цельного корпуса судна для длительного хранения на ПДХ «Сайда»;
- формирование отдельных блоков-упаковок для длительного хранения на ПДХ «Сайда»
- полная утилизация корпусных конструкций, систем и оборудования с размещением всех образующихся твердых радиоактивных отходов в защитные контейнеры.

Доклад содержит описание вариантов, процедуру исследования, сравнительный анализ вариантов вывода из эксплуатации и утилизации судов атомного технологического обслуживания с утилизацией АПЛ.

1 ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время гражданский атомный флот России включает в свой состав следующие суда атомного технологического обслуживания (суда АТО):

- ПТБ «Имандра», хранилища ОЯТ, которые рассчитаны на хранение 1530 ОТВС в чехлах;
- теплоход «Серебрянка» – для транспортирования ОЯТ в транспортных радиационных контейнерах ТК-18 (до 8 шт.), сбора и хранения ЖРО (до 548 м³).



Рисунок 1 – ПТБ «Лотта»

Следующие суда выведены из эксплуатации и находятся в отстое у причала ФГУП «Атомфлот»:

- ПТБ «Лотта». Судно оборудовано двумя хранилищами для хранения ОТВС в чехлах, постом загрузки ОЯТ в транспортно-упаковочные комплекты (ТУК), а также емкостями для хранения ЖРО (до 35,1 м³). В настоящее время судно не участвует в технологическом цикле по обслуживанию атомных ледоколов и находится в длительном отстое у причала ФГУП «Атомфлот» в качестве хранилища ОЯТ. В настоящее время из одного хранилища ОТВС выгружены полностью, ведутся работы по выгрузке ОТВС из второго.

Хранилище представляет собой полый параллелепипед, выполненный из армированного бетона (М 300), который является биологической защитой от ионизирующего излучения. Толщина бетона составляет 780-1200 мм. Внутри биологической защиты размещены секции, корпуса которых выполнены из нержавеющей стали.

ПТБ «Лотта» оборудовано вкладными цистермами для ЖРО. Цистерны изготовлены из нержавеющей стали, находятся в удовлетворительном состоянии [1];

ПТБ «Лепсе». С 1981 г. ПТБ «Лепсе» используется только для хранения ОЯТ, радиоактивных отходов, технологической оснастки и приспособлений. В хранилищах ОЯТ судна (в пеналах и в кессонах) размещено 639 ОТВС, часть из которых повреждена. Извлечение сборок из хранилищ является сложной технологической и радиационно-опасной операцией, из-за высоких значений мощности дозы гамма-излучения, а также неудовлетворительного технического состояния некоторых сборок. Пространство между баками заполнено бетонной смесью на основе сульфатостойкого портландцемента для создания дополнительного барьера (230 м³), который также является ТРО. Технологические цистерны, предназначавшиеся для хранения ЖРО опорожнены и выведены из эксплуатации. Трубопроводы приема-выдачи ЖРО заглушены. Осадок на дне цистерн забетонирован. Радиоактивные загрязнения в цистернах и помещениях, где они расположены, зафиксированы специальными пленочными покрытиями. В связи с этим, данные РАО не могут быть выгружены и кондиционированы, а утилизация цистерн ЖРО является трудоемкой операцией с образованием ТРО в виде загрязненного цемента.

Проект утилизации ПТБ «Лепсе» является уникальным и финансируется по отдельному гранту Европейского банка реконструкции и развития.

ПТБ «Володарский». В 2000 году ОАО «Мурманское морское пароходство» проведены работы по постановке судна на длительное хранение, в том числе: демонтированы надстройка и линия вала, заглушены заборные отверстия в корпусе, выполнено разделение судна на семь автономных районов наблюдения, выгорожены и забетонированы хранилища ТРО в 3 и 5 районах судна, закрыт доступ в сформированные хранилища ТРО [3, 4].



Рисунок 2 – ПТБ «Лепсе» (на переднем плане) и ПТБ «Володарский» (на заднем плане) у причала ФГУП «Атомфлот»

Основные характеристики судов АТО [5] приведены в Таблице 1:

Таблица 1 – Основные характеристики судов АТО

Судно	Год постройки	Длина макс, м	Ширина макс, м	Водоизмещение, т
Имандра	1981	130	17	9700
Лотта	1960	122	16	7000
Серебрянка	1974	102	12	4300
Лепсе	1936	87	17	5600
Володарский	1929	96	16	5500

В настоящее время суда АТО, находящиеся в отстое, являются источником возможного радиационного загрязнения Мурманской области и Кольского залива, вследствие того, что длительное нахождение судна на плаву в состоянии отстоя отрицательно сказывается на техническом состоянии корпусных конструкций.

Для снижения радиационного риска необходимо кондиционировать ТРО и ЖРО, хранящиеся на судах АТО, а затем их утилизировать наиболее оптимальным с точки зрения наличия инфраструктуры, затрат и длительности методом

Федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» предусмотрено проведение комплексов работ по утилизации ПТБ «Володарский», ПТБ «Лотта», ПТБ «Лепсе». В объем работ, предусмотренных Федеральной целевой программой, входят разработка документации по утилизации ПТБ «Володарский», ПТБ Лотта», утилизация ПТБ «Володарский» и проведение

мероприятий по проведению инженерно-радиационного обследования, кондиционированию ТРО и улучшению радиационной обстановки на ПТБ «Лепсе».

До 2008 года проблема утилизации судов обеспечения атомного гражданского флота, за исключением международных проектов утилизации ПТБ «Лепсе» [2, 3], не находила решения, соответствующей нормативной базы регламентирующей порядок и безопасность такой деятельности в Российской Федерации не создано. При этом существует нормативная база по утилизации атомных подводных лодок, надводных кораблей с атомными энергетическими установками и судов атомного технологического обслуживания Военно-морского флота. Так, согласно положениям «Концепции комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с атомными энергетическими установками» [6] в России принята схема «отложенной» утилизации, подразумевающая длительную выдержку (около 70 лет) блоков реакторных отсеков утилизируемых АПЛ, НК с ЯЭУ и хранилищ судов атомного технологического обслуживания. Далее будет производиться разделка (окончательная утилизация), в процессе которой выделяются оборудование и материалы, остаточная радиоактивность которых после выдержки не позволяет направить их на повторное использование и производится формирование упаковок с ТРО, подлежащим захоронению.

Особенностью блоков-упаковок реакторных отсеков, формируемых при утилизации АПЛ, является обеспечение инженерных барьеров за счёт корпусных конструкций прочного корпуса, толщина которого определяется условиями эксплуатации АПЛ. Кроме того, радиационное состояние утилизируемых АПЛ (кроме аварийных) не имеет значительной зависимости от конструкции или условий эксплуатации конкретной АПЛ и определяется, в основном, типом используемой ядерной энергетической установки.

Радиационное состояние судов АТО, наоборот, сильно зависит от особенностей эксплуатации, а толщины корпусов судов АТО, в случае необходимости формирования блоков-упаковок, не могут обеспечить достаточных инженерных барьеров. В связи с этим представляется необходимым анализ различных вариантов утилизации судов АТО с формированием рекомендаций по их выбору.

2 РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ

Целью проведения исследования является выбор предпочтительного варианта утилизации судов АТО на основании технико-экономической оценки, с учётом особенностей эксплуатации судов АТО.

Предпочтительный вариант утилизации должен удовлетворять следующим условиям:

- снижение риска радиоактивного загрязнения РВ окружающей среды;
- приведение РАО, включая демонтированные загрязнённые конструкции, в безопасное для населения и ОС состояние;

- минимальные стоимость и продолжительность проведения работ по утилизации, а также отложенных затрат на дальнейшее содержание блоков упаковок.

На основании выбранного варианта организационно-технологической схемы проведения работ по утилизации в дальнейшем должен быть разработан КПОД.

Следующие варианты учитываются во время разработки исследования вариантов утилизации ПТБ [1, 2, 8, 9]:

- формирование блока-упаковки в виде цельного корпуса судна для длительного хранения на ПДХ «Сайда»;
- формирование отдельных блоков-упаковок для длительного хранения на ПДХ «Сайда»
- полная утилизация корпусных конструкций, систем и оборудования с размещением всех образующихся твердых радиоактивных отходов в защитные контейнеры.

2.1 ВАРИАНТ 1. Формирование блока-упаковки в виде цельного корпуса судна для длительного хранения на ПДХ «Сайда»

Корпус судна как плавучий модуль для хранения используется в качестве основы для блоков-упаковок. Требуется поставить судно в док, выполнить ремонт, дробеструйную очистку и окраску корпусных конструкций ПТБ для дальнейшего длительного хранения модулей на ПДХ «Сайда».

Общий вид блока-упаковки показан на Рис. 3.

Достоинства варианта:

- Сохранение общей целостности упаковки;
- Минимальный объем по выполнению резки и сварочных работ для формирования упаковки;
- Инфраструктура ФГУП «Атомфлот» позволяет выполнить данный вид работ.

Недостатки варианта:

- Отложенное решение;
- Большой объем работ по ремонту корпусных конструкций и окраске;
- Необходимость подготовки и обслуживания мест стоянки блока-упаковки в ПДХ «Сайда»;
- Большая занимаемая площадь и, как следствие, необоснованно большие затраты на содержание блока-упаковки данного вида в ПДХ «Сайда».

2.2 ВАРИАНТ 2. Формирование отдельных блоков-упаковок для длительного хранения на ПДХ «Сайда»

Такие блоки представляют собой неплавучие блоки хранения. Формируя блоки упаковки по данному варианту, в целях сокращения площади стоянки в ПДХ «Сайда», демонтируются носовая и кормовая оконечности ПТБ и машинное отделение. Для этого ПТБ «Володарский», после выгрузки ТРО на ФГУП «Атомфлот», транспортируется в головной филиал ОАО «ЦС «Звездочка» СРЗ «Нерпа» (Рис. 4) и устанавливается в ПД-42, переводится на твердое основание (в эллинг или на открытую стапельную плиту) для вырезки хранилищ и формирования блоков-упаковок (установка вторых переборок и биологической защиты, окраска блоков). Остальные части судна, не входящие в блоки хранения, должны пройти радиационный контроль перед разрезкой и отправкой на повторное использование.

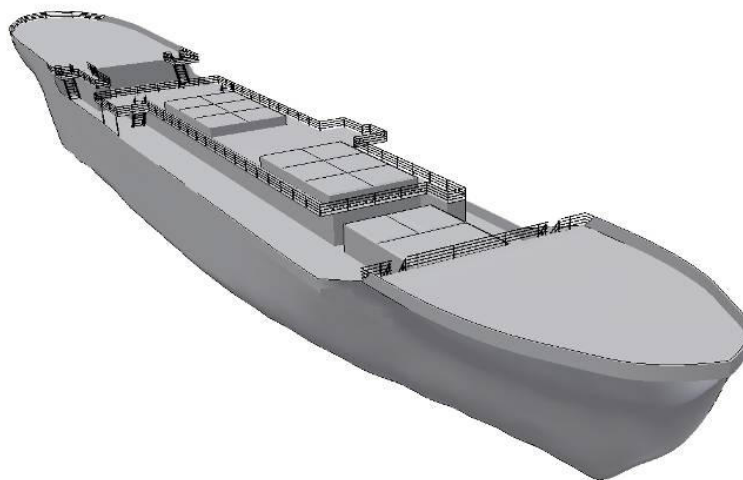


Рисунок 3 – Общий вид блока-упаковки в виде цельного корпуса судна



Рисунок 4 – ФГУП «Атомфлот» и СРЗ «Нерпа» на карте Мурманской области

При формировании блоков применяется запатентованное НИПТБ Онега» решение: докование корабля производится при помощи предварительно смонтированных нижних секций блоков-упаковок [10], что обеспечивает необходимую биологическую защиту для персонала и сокращает время его установки на стапель. В связи с этим, кильблоки устанавливаются на стапельные подушки. На участке эллинга, где находятся радиоактивные блоки-упаковки, монтируются нижние секции блоков-модулей. Нижние конструкции выполняют функцию дополнительного защитного ограждения. Корабль ставится на кильблоки с учетом места расположения радиоактивных модулей на секциях блоков-упаковок.

С целью комплексного решения проблемы обращения с РАО гражданского атомного флота, в том числе обращения с блоками выемными (рис. 5) реакторов атомных ледоколов, относящихся к высокоактивным ТРО (согласно российской классификации) разработано и утверждено Госкорпорацией «Росатом» решение о размещении съемных узлов в блоках-упаковках на ПТБ «Лотта». Формирование подобных блоков-упаковок с установленными в них съемными узлами позволяет согласовать данный подход с методикой утилизации АПЛ и позволяет хранить РАО в ПДХ «Сайда».

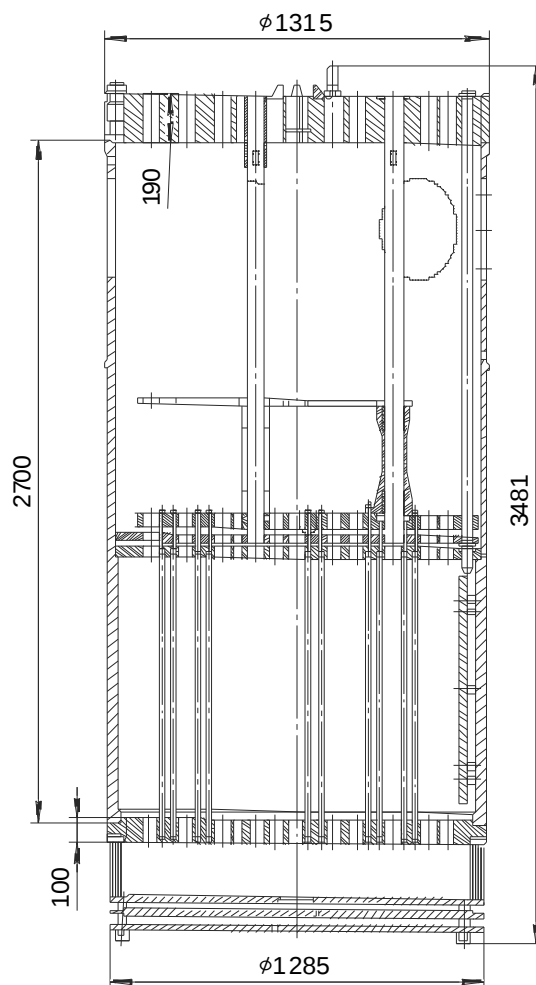


Рисунок 5 – Экранная сборка реактора атомного ледокола

Носовые и кормовые блоки-упаковки транспортируются в ПДХ «Сайда» плавучим доком ПД-42 согласно методике, разработанной для транспортировки отдельных отсеков АПЛ. Показан общий вид блока ПТБ «Лотта». Носой блок «Лепсе» имеет дополнительную выгородку с верхней части и по бокам блока. Опоры, показанные на общем виде, являются съемными и штатными на ПДХ «Сайда». Носовые блоки ПТБ «Володарский» [8, 9], ПТБ «Лотта» [1] и ПТБ «Лепсе» [2] имеют те же самые характеристики (Рис. 5).

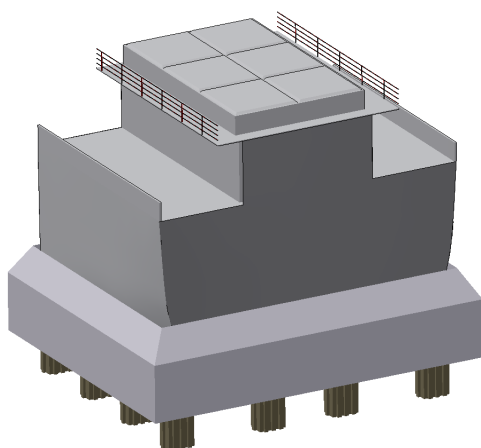
Достоинства вариантов:

- Сокращение площади и эксплуатационных расходов при условии длительного хранения в ПДХ «Сайда»

Недостатки вариантов:

- Отложенное решение;
- Увеличение дозовой нагрузки на персонал, вследствие резки корпусных конструкций, загрязненных радиоактивными веществами;
- Необходимость ремонта корпусных конструкций;
- Необходимость подготовки и обслуживания мест стоянки блоков-упаковок в ПДХ «Сайда»;

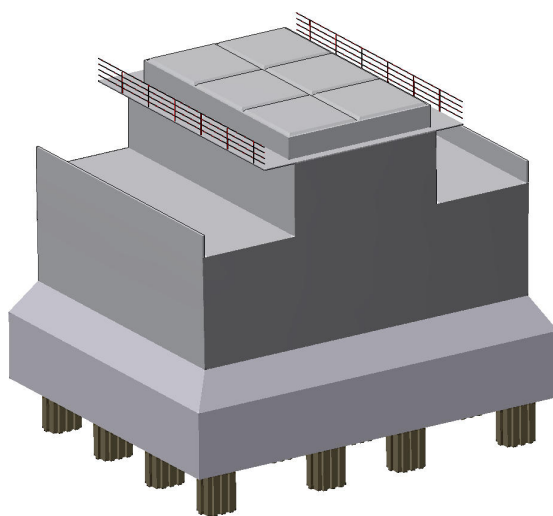
- Необходимость проведения дополнительных операций при формировании блоков-упаковок в ПДХ «Сайда».



Параметры	Володарский	Лотта	Лепсе
Длина, м	16,5	16,0	35,0
Ширина, м	13,0	13,0	19,0
Высота макс, м	8,5	13,0	15,0
Масса, т	775,6	1600	2955

Рисунок 5 – Общий вид носового блока-упаковки

Кормовые блоки имеют следующие характеристики (Рис. 6).



Параметры	Володарский	Лотта	Лепсе
Длина, м	13,5	16,0	23,0
Ширина, м	13,0	13,0	19,0
Высота макс, м	8,5	13,0	15,0
Масса, т	640,6	1600	1946

Рис. 6 – Общий вид кормового блока-упаковки для длительного хранения

2.3 ВАРИАНТ 3. Полная утилизация

В ходе выполнения работ по данному варианту производятся следующие виды работ:

- Постановка ПТБ в плавучий док ФГУП «Атомфлот»;
- Установка специального укрытия над плавучим доком и ПТБ;
- Установка на борту ПТБ дистанционно-управляемой техники (если необходимо);
- Демонтаж и выгрузка бетонной защиты, оборудования, балласта, ЖРО, контейнеров с ТРО, изоляции из хранилищ ПТБ с применением дистанционно-управляемой техники и погрузка в специальные контейнеры;
- Разделка конструкций ПТБ на металлолом.

По результатам анализа радиационной обстановки в хранилищах ТРО необходимо сделать вывод о том, что реализация варианта полной утилизации ПТБ «Володарский» и ПТБ «Лепсе» должна осуществляться только с использованием дистанционно-управляемой техники, которая позволяет исключить нахождение персонала в зоне непосредственного проведения работ.

2.4 Методика проведения исследования вариантов

Оценка вариантов утилизации ПТБ проводилась путем сравнения абсолютных показателей стоимости и длительности выполнения работ по каждому из вариантов. При определении стоимости были учтены:

- Стоимость приобретения или арендная плата необходимого оборудования, в том числе оборудования, обеспечивающего безопасные условия труда персонала, безопасность персонала и окружающей среды (дистанционно-управляемое оборудование и т.п.);

- Стоимость материалов, топливно-энергетических и трудовых ресурсов, контейнеров для РАО и т.п.

Продолжительность утилизации определена ориентировочно с использованием статических данных предприятий отрасли по утилизации АПЛ и различных проектов. Данные по ПТБ «Володарский» [9] были пересмотрены на основании результатов оценки ПТБ «Лотта» и с учетом текущей инфляции.

2.5 Сравнение вариантов утилизации ПТБ «Володарский»

Основные показатели и расчётные величины по вариантам ПТБ «Володарский» и ПТБ «Лотта» приведены в Таблице 2 и Таблице 3:

Таблица 2 – Продолжительность и стоимость утилизации ПТБ «Володарский» согласно вариантов

Показатели	Единица измерения	Вариант		
		Вариант 1 – Формирование блока-упаковки в виде цельного корпуса судна	Вариант 2 – Формирование раздельных блоков-упаковок для длительного хранения	Вариант 3– Полная утилизация
Продолжительность стапельного периода [9]	Месяц	4,5	9,0	11,5
Общая продолжительность работ по согласованию вариантов [9]	Месяц	10,0	15,0	18,0
Стоимость контейнеров ТРО [9]	Миллион рублей	0,0	17,5	35,0
Стоимость эксплуатации дока [9]	Миллион рублей	14,6	4,9	28,0
Стоимость работ по демонтажу и обращению с ТРО [9]	Миллион рублей	101,4	121,5	227,0
Прочие расходы (СИЗ, буксиры и др.) [9]	Миллион рублей	3,0	6,0	8,0
Стоимость с учетом показателя инфляции за 2011/2009 (15%)	Миллион рублей	130,9	164,9	327,8
НДС, 18%	Миллион рублей	23,6	29,7	59,0
Стоимость демонтажа	Миллион рублей	154,5	194,6	386,8
Стоимость обслуживания блоков-упаковок на ПДХ «Сайда» в течение 70 дней	Миллион рублей	1 286,3	583,1	0,0
Общая стоимость утилизации	Миллион рублей	1 440,7	777,7	386,8

Таблица 3 – Продолжительность и стоимость утилизации ПТБ «Лотта» согласно вариантов

Показатели	Единица измерения	Вариант		
		Вариант 1 – Формирование блока-упаковки в виде цельного корпуса судна	Вариант 2 – Формирование раздельных блоков-упаковок для длительного хранения	Вариант 3– Полная утилизация
Продолжительность стапельного периода	Месяц	5	10	12
Общая продолжительность работ по согласованию вариантов	Месяц	10	15	18
Стоимость ТРО контейнеров	Миллион рублей	0,0	2,3	9,8
Стоимость работ, выполняемых ФГУП «Атомфлот»	Миллион рублей	67,2	6,8	240,4
Стоимость материалов	Миллион рублей	16,8	32,6	48,0
Стоимость работ, выполняемых СРЗ «Нерпа»	Миллион рублей	14,9	130,6	0,0
Стоимость эксплуатации дока	Миллион рублей	25,2	5,5	48,3
Стоимость работ по транспортировке и длительному хранению ТРО	Миллион рублей	0,0	4,7	20,3
Прочие расходы (СИЗ, буксиры и др.)	Миллион рублей	6,0	6,0	8,0
Стоимость с нулевым показателем инфляции за 2011г	Миллион рублей	130,1	188,5	374,8
НДС, 18%	Миллион рублей	23,4	33,9	67,5
Стоимость демонтажа	Миллион рублей	153,5	222,4	442,2
Стоимость обслуживания блоков-упаковок на ПДХ «Сайда» в течение 70 дней	Миллион рублей	1 715,0	686,0	0,0
Общая стоимость утилизации	Миллион рублей	1 868,5	908,4	442,2

3 ВЫВОДЫ

На основании технико-экономического анализа вариантов утилизации ПТБ наименее дорогостоящим и наименее длительным является вариант «Формирование блока-упаковки в виде цельного корпуса судна для длительного хранения на ПДХ «Сайда» (Вариант 1). При реализации данного варианта возникает необходимость в организации больших площадей для хранения блоков-упаковок на ПДХ «Сайда», что не учитывалось при разработке проекта ПДХ «Сайда». Это так же приведет к значительному увеличению затрат на содержание блока-упаковки данного вида на ПДХ «Сайда».

Другие варианты повлекут наибольшие расходы на первом этапе, но у них есть преимущество – стоимость на хранение в течение 70 лет. Вариант 3 – наиболее эффективен с точки зрения снижения затрат, но с точки зрения необходимости разработки технологии для полной утилизации кораблей с высоким уровнем мощности дозы данный вариант является нецелесообразным (ПТБ «Володарский»). Согласно третьему варианту (ПТБ «Лотта») необходимо найти альтернативный способ обращения с атомными ледоколами с высоким уровнем радиации.

Поэтому Госкорпорация «Росатом» утвердила решение о целесообразности принятия к дальнейшей работе варианта 2 – «Формирование отдельных блоков-упаковок хранилищ ТРО для длительного хранения на ПДХ «Сайда».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Выполнений работ по утилизации ПТБ «Лотта». Техничко-экономическая оценка утилизации ПТБ «Лотта». [Текст] ЯНМИ.УПТБЛ.0415.00.001. Отчет. Северодвинск: ОАО «НИПТБ «Онега», 2011.
- [2] Разработка и утверждение по удалению ОЯТ/РАО из ПТБ «Лепсе» и её следующей утилизации. Анализ проведённых ранее обследований и разработка документации. [Текст]: Отчет о НИР: ЯНМИ.У325.0415.00.003. – Северодвинск: ОАО «НИПТБ «Онега», 2006
- [3] Плавающая технологическая база «Володарский»: Справка [Текст] – Мурманск: ФГУП «Атомфлот», 2008.
- [4] Плавающая технологическая база «Володарский». Проект конвертации. Пояснительная записка: ПТБВ-ЭТ2-027 0Т, Санкт-Петербург: АО «Атомэнерго», 1997.
- [5] Кудрик И., Бемер Н., Нильсен Т., Золотков А., Макгаверн М., Никитин А. Атомная Арктика – Проблемы и решения. Отчет ассоциации «Беллона» № 3-2001.
- [6] Куликов К.Н., Низамутдинов Р.А., «Оценка вариантов выгрузки ОЯТ и утилизации ПТБ «Лепсе» // Сборник докладов XXXV Ломоносовских чтений – Северодвинск, 2007.
- [7] Концепция комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с атомными энергетическими установками [Текст]: Министерство РФ по атомной энергетике – Москва, 2000.
- [8] Выполнение комплекса работ по утилизации ПТБ «Володарский». Техничко-экономическая оценка вариантов утилизации ПТБ «Володарский». [Текст] ЯНМИ.УПТБВ.0415.00.001. Отчёт. Северодвинск: ОАО «НИПТБ «Онега», 2008.
- [9] Куликов К.Н., Низамутдинов Р.А., Абрамов А.Н., Цубаников А.И., Разработка решения утилизации судна АТО ПТБ «Володарский» [ICEM2009–16386]. Сборник докладов 12 Международной конференции по восстановлению окружающей среды и обращению с радиоактивными отходами – Ливерпуль, 2009
- [10] Добровенко С.В., Куликов К.Н., Лазарев А., Мишнев А.М., Низамутдинов Р.А. Патент № (11) 2321088 (13) С1 (РФ). Способ формирования транспортной упаковки. ОАО «НИПТБ «Онега», 2008