

# Основные проектные и технологические решения по утилизации НК с ЯЭУ и обращению с ОЯТ и РАО

Калистратов Н.Я., ФГУП "МП "Звёздочка", Россия

## 1. Этапы жизненного цикла тяжёлого атомного ракетного крейсера "Адмирал Ушаков"

Головной тяжёлый атомный ракетный крейсер класса "Адмирал Ушаков" (далее "Корабль") был построен на Балтийском заводе и сдан флоту в 1980 году по проекту Северного ПКБ. По своим тактико-техническим характеристикам он стал гордостью флота. Долгие годы крейсер был флагманом Северного флота.

Этапы жизненного цикла Корабля представлены на рисунке 1.

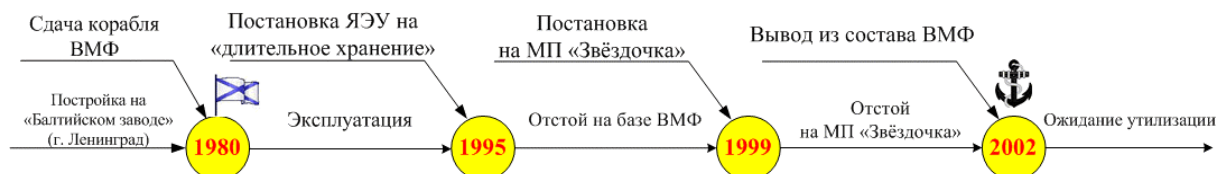


Рисунок 1 – Этапы жизненного цикла НК с ЯЭУ "Адмирал Ушаков"

В 1999 году корабль переведён на территорию МП "Звёздочка" (г. Северодвинск) (рисунок 2). В 2002 году Корабль (рисунок 3) выведен из состава Военно-морского флота и находится в ожидании утилизации с невыгруженным из реакторов ядерным топливом.



Рисунок 2 - Тяжёлый атомный ракетный крейсер "Адмирал Ушаков" у набережной МП "Звёздочка"

Основные технические характеристики Корабля в сравнении с АПЛ различных проектов приведены в таблице 1.

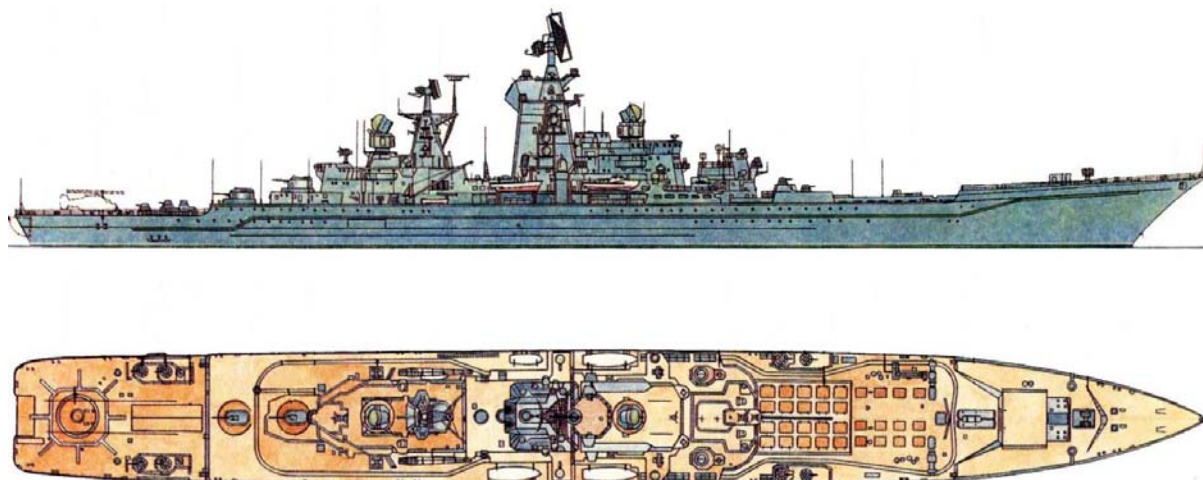


Рисунок 3 - Общий вид НК с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков"

Таблица 1 - Технические характеристики НК класса "Адмирал Ушаков" и АПЛ различных проектов

Наименование характеристики	АПЛ класса "Виктор"	АПЛ класса "Тайфун"	НК класса "Адмирал Ушаков"
Длина наибольшая, м	106,1	172,8	250,1
Ширина наибольшая, м	10,8	23,3	28,5
Осадка, м	7,8	11,5	11,0
Водоизмещение (надв./подв.), т	4 780 / 7 250	23 200 / 48 000	24 300
Количество отсеков, шт.	8	20	19
Тип ППУ	ОК-300	ОК-650	КН-3
Количество ППУ	2	2	2

Сравнительные характеристики АПЛ и НК с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков" приведены на рисунке 4.

Длительное нахождение Корабля без проведения необходимых работ по обслуживанию и поддержанию систем и механизмов в работоспособном состоянии отрицательно сказывается на их техническом состоянии. Системы и механизмы, обеспечивающие живучесть НК "Адмирал Ушаков", не соответствует требованиям технической документации. В связи с отсутствием финансирования докование, требуемое в соответствии с технической документацией, не производится. Материальная часть Корабля, в том числе системы живучести и пожаротушения, укомплектованы не в полном объёме.

Воздействие коррозии ведет к потере герметичности запорной бортовой арматуры, механизмов и устройств, трубопроводов. Коррозионные процессы разрушают сварные детали корпуса, что может привести к возникновению аварийных ситуаций.

Основными проблемами утилизации кораблей класса "Адмирал Ушаков" являются:

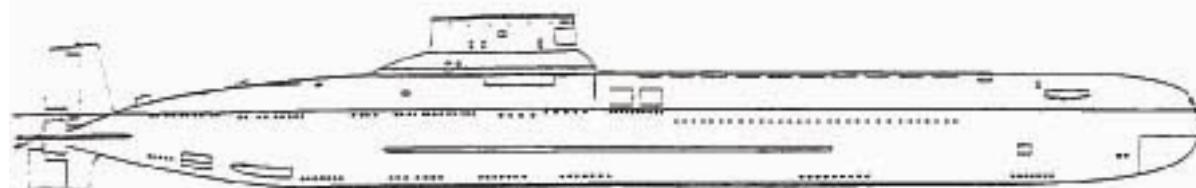
- отсутствие опыта утилизации НК с ЯЭУ в России;
- до настоящего времени операции по перезарядке ядерных реакторов кораблей класса "Адмирал Ушаков" не проводились;
- отсутствие разработанной нормативной, проектной, технологической, организационной документации для обеспечения процесса утилизации;
- габаритные размеры крейсера не позволяют произвести постановку его в док на твёрдое основание на МП "Звёздочка" без разрезки на части на плаву;
- отсутствие опыта уникальных операций по разрезке кораблей на плаву, а также оборудования и освоенных технологий подводной резки корпуса;
- отсутствие согласованных решений по способу длительного хранения блока реакторного отсека;
- большое количество радиоактивных отходов (РАО), токсичных промышленных отходов, образующихся при утилизации Корабля.

### Атомная подводная лодка класса "Виктор-3"



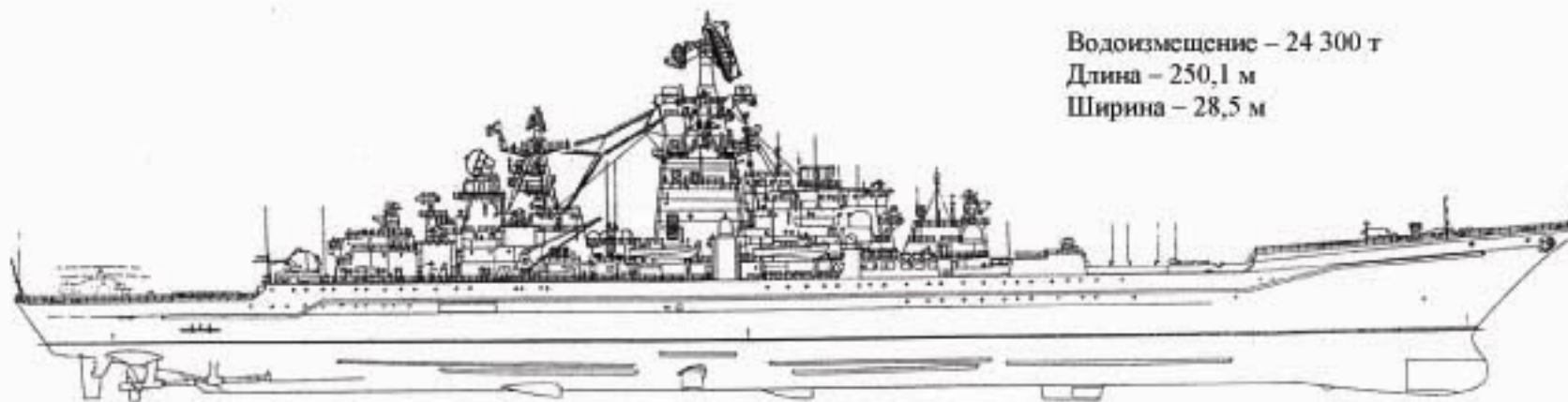
Водоизмещение надводн – 4 780 т  
подводн. – 7 250 т  
Длина – 106,1 м  
Ширина – 10,8 м

### Атомная подводная лодка класса "Тайфун"



Водоизмещение надводн – 23 200 т  
подводн. – 48 000 т  
Длина – 172,8 м  
Ширина – 23,3 м

### Тяжёлый атомный ракетный крейсер класса "Адмирал Ушаков"



Водоизмещение – 24 300 т  
Длина – 250,1 м  
Ширина – 28,5 м

Рисунок 4 – Сравнительные характеристики АПЛ и НК с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков"

## **2. Анализ достаточности созданной на МП "Звёздочка" береговой инфраструктуры для возможности утилизации НК с ЯЭУ**

За счет средств России и международной технической помощи США, Норвегии, Великобритании и Канады на МП "Звёздочка" создана уникальная, не имеющая аналогов в мире инфраструктура комплексной промышленной утилизации АПЛ различных проектов, которая будет использоваться для утилизации НК с ЯЭУ.

Созданная инфраструктура соответствует как российским, так и международным требованиям обеспечения ядерной, радиационной и экологической безопасности, и позволяет комплексно решать все вопросы, связанные с процессом утилизации АПЛ.

В состав инфраструктуры комплексной утилизации АПЛ на МП "Звёздочка" (рисунок 5) входят следующие основные объекты:

- береговой комплекс выгрузки (БКВ) отработавшего ядерного топлива (ОЯТ);
- площадка временного хранения контейнеров с ОЯТ на 60 контейнеров типа ТК-18, ТУК 108/Г;
- комплекс временного хранения и переработки (кондиционирования) жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и твёрдых радиоактивных отходов (ТРО);
- спецнабережная для выгрузки ОЯТ;
- участок производства стапельных работ при утилизации в состав, которого входит док-камера и плавдок;
- специализированный участок механической резки металлолома;
- специализированные участки газовой резки чёрного и цветного металлолома;
- специализированный участок переработки электрического кабеля.

Имеемые на сегодняшний день производственные мощности предприятия позволяют:

- выполнять промышленную утилизацию до 6 АПЛ в год;
- выполнять силами БКВ выгрузку ОЯТ из реакторов четырёх утилизируемых АПЛ в год;
- обеспечивать обращение и временное хранение ОЯТ;
- выполнять утилизацию различных комплексов вооружения и военной техники;
- перерабатывать металлолом объемом до 17 тыс. тонн в год;
- перерабатывать до 1 500 м<sup>3</sup> ЖРО в год;
- перерабатывать до 200 м<sup>3</sup> ТРО в год.

Для подготовки предприятия к утилизации НК с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков" в целях обеспечения соблюдения требований по обеспечению ядерной, радиационной и экологической безопасности МП "Звёздочка" подготовлены следующие предложения (рисунок 6):

- приобретение специализированного оборудования для подводной резки корпуса Корабля;

- приобретение дополнительного оборудования для повышения эффективности и экологической безопасности процесса резки корпусных конструкций корабля и переработки металлолома, в том числе резки алюминиевых сплавов;
- реабилитация временного хранилища твердых радиоактивных отходов (объект 162) для хранения полученных и переработанных при утилизации АПЛ и НК с ЯЭУ ТРО до их отправки на региональный могильник;
- модернизация объекта по переработке ЖРО с плановым увеличением годовых объемов переработки ЖРО с 1 500 м до 3 000 м<sup>3</sup> и созданием на его базе регионального объекта переработки ЖРО;
- дооборудование площадки временного хранения токсичных промышленных отходов (ТПО) образующихся в процессе комплексной утилизации НК с ЯЭУ в соответствии с учётом увеличения их количества и ежегодно ужесточающимися требованиями экологической безопасности;
- реконструкция печи сжигания ТРО с дооборудованием участка переплавки ТРО для осуществления полного замкнутого цикла обращения с ТРО на предприятии;

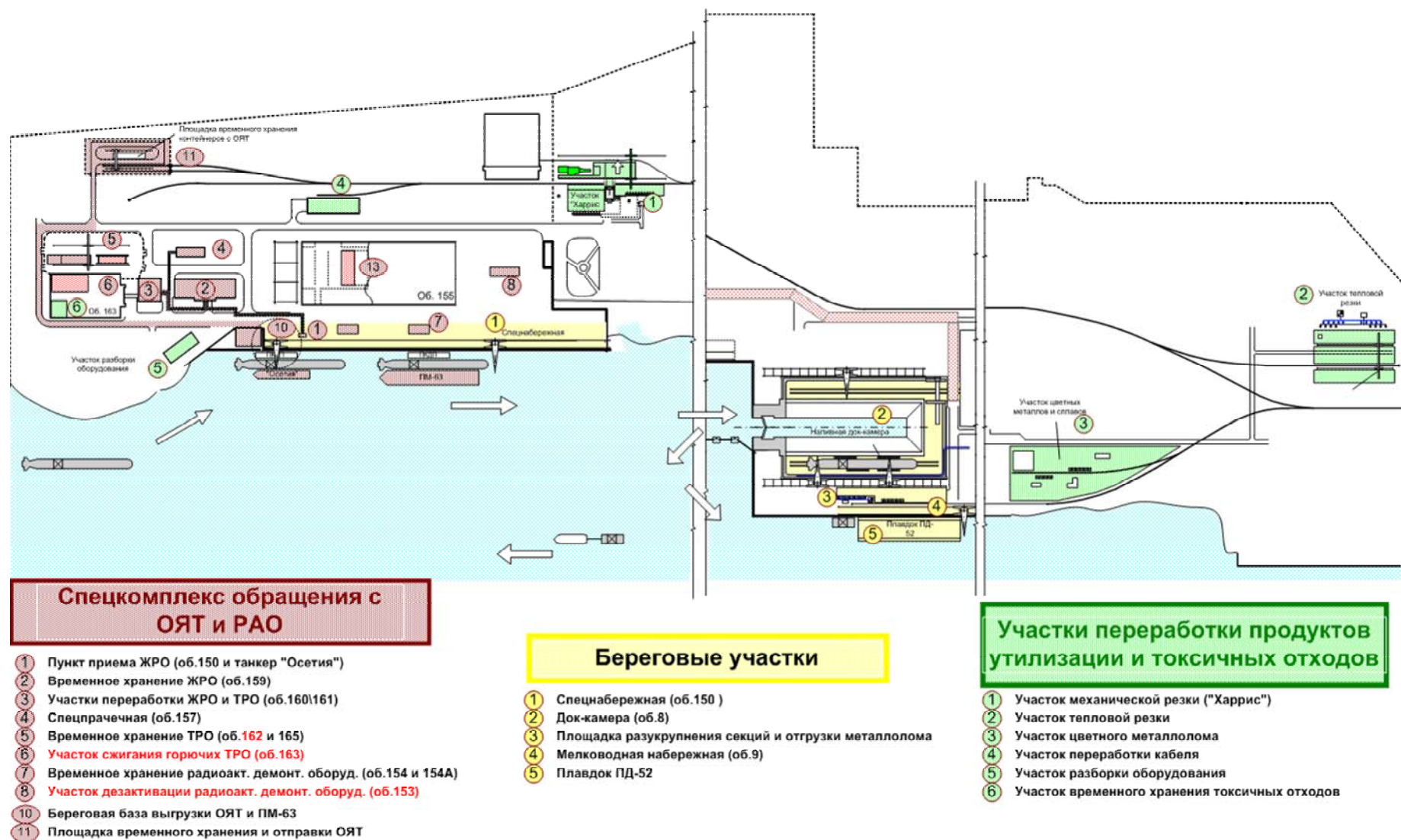


Рисунок 5 - Производственные участки, используемые при утилизации НК класса "Адмирал Ушаков" на МП "Звёздочка"

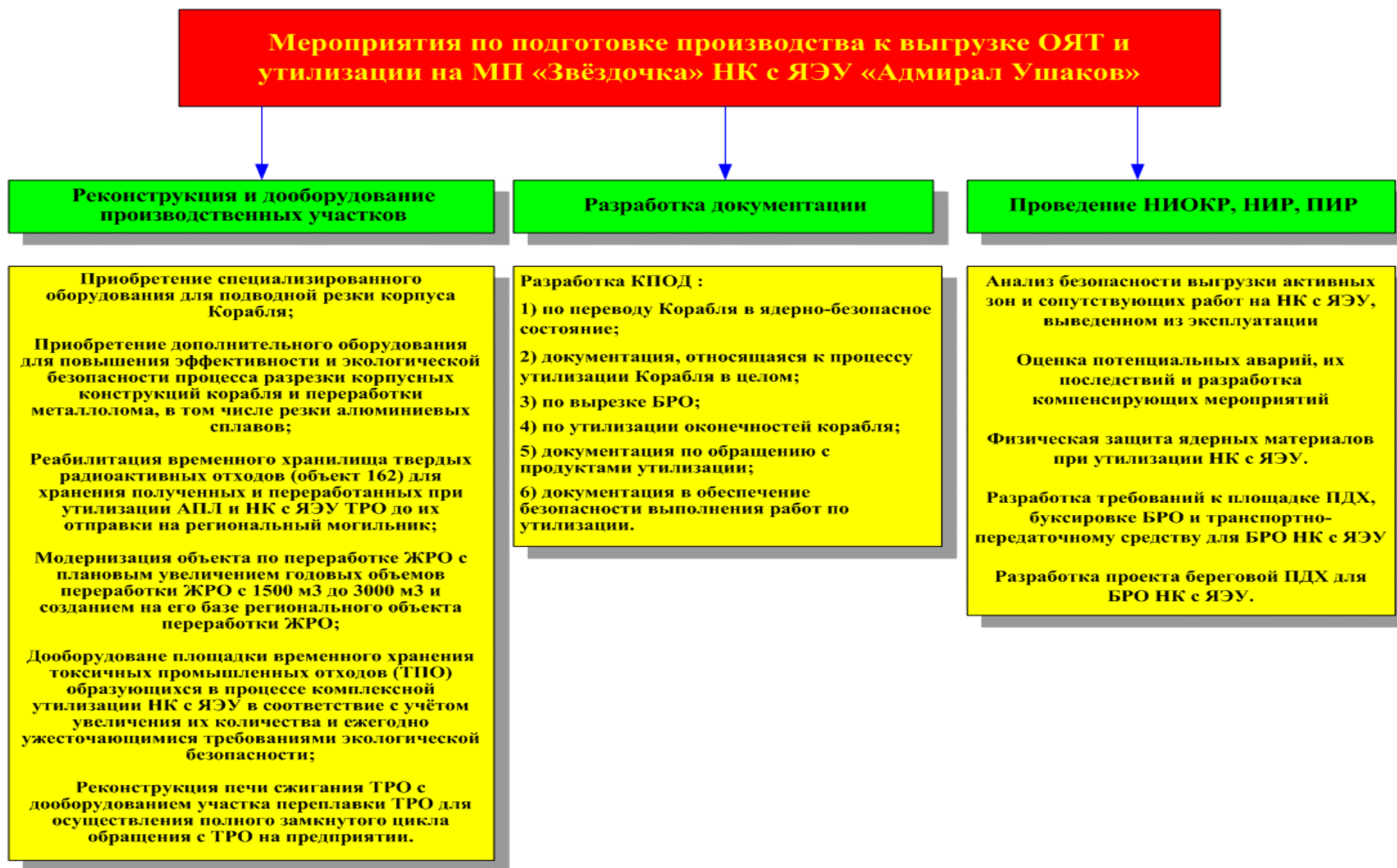


Рисунок 6 - Мероприятия по подготовке производства к утилизации НК с ЯЭУ на МП "Звёздочка"



### 3. Варианты выгрузки ОЯТ береговым комплексом и плавучей технической базой (ПТБ) ВМФ

Конструктивные отличия ППУ Корабля от ППУ АПЛ:

- диаметр реактора больше в 1,35 раза, чем на АПЛ 3 поколения;
- высота топливной части выше на 200 мм;
- количество отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) больше в 1,7 раза;

Состояние ППУ НК с ЯЭУ "Адмирал Ушаков" на 01.05.05 г.:

1. Общая активность ППУ –  $4,33 \cdot 10^{16}$  Бк ( $1,16 \cdot 10^6$  Ки). В том числе ОЯТ:

- продукты деления  $3,7 \cdot 10^{16}$  Бк ( $10^{16}$  Ки);
- актиноиды  $2,3 \cdot 10^{15}$  Бк ( $6,2 \cdot 10^4$  Ки).

2. Состояние активных зон (загрузка 1979 г.):

- №1 – нормальное состояние (топливо герметично);
- №2 – допустимое состояние (частичная разгерметизация отработавших тепловыделяющих сборок).

В 1995 году ЯЭУ Корабля переведены в режим "длительного хранения" в соответствии с "Технологическими указаниями по длительному хранению", разработанными ОКБМ. Выполнены следующие мероприятия по переводу ЯЭУ в режим "длительного хранения":

1 Произведено газоудаление из оборудования 1-х контуров ППУ.

2 В 1-х контурах установлен вводно-химический режим (ВХР) длительного хранения в соответствии с документацией ОКБМ.

3 Произведено механическое стопорение компенсирующих групп (КГ) на нижних упорах. Произведена обварка аргоно-дуговой сваркой приводов системы управления и защиты (СУЗ) КГ. В результате – изменить положения КГ вручную при помощи ключа ручного управления компенсирующих решёток (КР) невозможно.

4 Произведено отключение электропитания от СУЗ, приводов КР, аварийной защиты (АЗ), с отключением кабелей от кабельных вводов органов компенсации реактивности. В результате – изменить положения АЗ, КГ дистанционно из поста дистанционного управления невозможно.

5 Произведено отключение электропитания от насосов первого контура.

6 Снижено давление в 1-х контурах, рабочих и резервной группах газа высокого давления (ГВД) до величины определённой проектной документацией. Вентили системы перекачки закрыты и опечатаны в соответствии с "Технологическими указаниями...", отсекающие клапаны ГВД от компенсаторов объёма переведены на ручное управление и опломбированы в положении открыто.

7 Организован контроль давления 1-х контуров ППУ.

8 Произведена пломбировка арматуры и механизмов СУЗ.

9 Возможность несанкционированного использования ключа ручного

управления КР полностью исключена.

10 Состояние систем 2-х контуров ЯЭУ при длительном хранении соответствует режиму "мокрого" хранения парогенераторов.

11 Состояние систем 3-их контуров ЯЭУ при длительном хранении соответствует штатному режиму хранения при полностью заполненной водой системе.

За основу организации процесса утилизации Корабля на МП "Звёздочка" будет принят этапно-позиционный метод, обеспечивающий выполнение работ по утилизации в определенной последовательности, на отдельных позициях. Ключевым этапом всего процесса утилизации является **выгрузка ОЯТ**.

Выгрузка ОЯТ из реакторов Корабля на МП "Звёздочка" может производиться по двум вариантам:

I вариант – с использованием БКВ МП "Звёздочка" (рисунок 7 и рисунок 9);

II вариант – с использованием ПТБ ВМФ (рисунок 8).

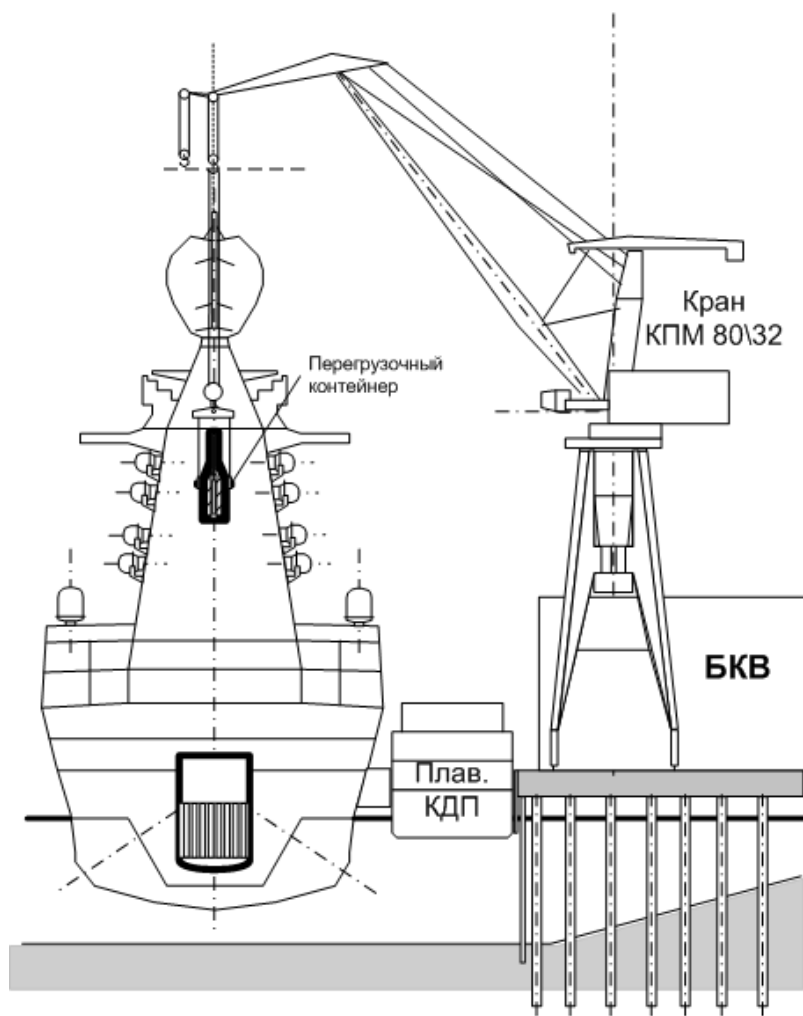
Этапы подготовки к выгрузке, выгрузки ОЯТ и отправки его на переработку на ПО "Маяк" (таблица 2):

- подготовка корабля и предприятия к выгрузке ОЯТ;
- подготовка БКВ (ПТБ) к выгрузке ОЯТ;
- выгрузка ОЯТ из реакторов;
- временное хранение ОЯТ на площадке временного хранения МП "Звёздочка" (при выгрузке БКВ) или на ПТБ (при выгрузке ПТБ);
- перегрузка ОЯТ в спецэшелон и отправка на ПО "Маяк" для переработки.

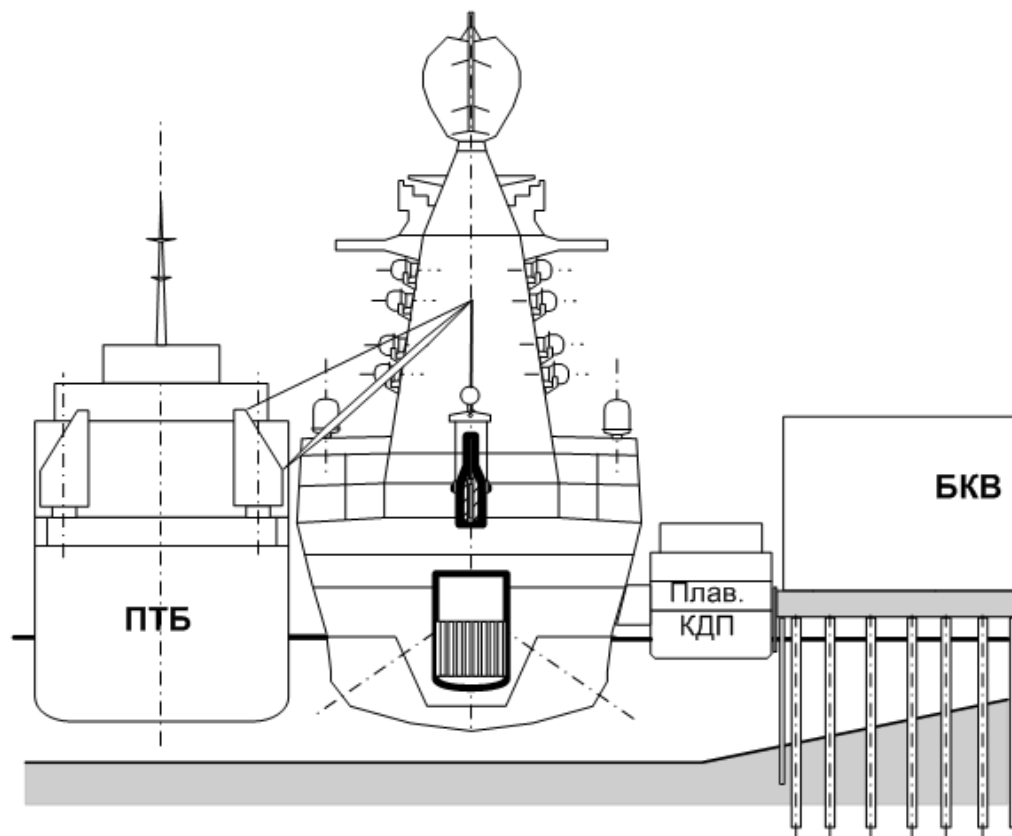
Выгрузка ОЯТ производится при стоянке Корабля у спецнабережной МП "Звёздочка".

**Таблица 2 - Этапы и основные мероприятия по подготовке к выгрузке ОЯТ**

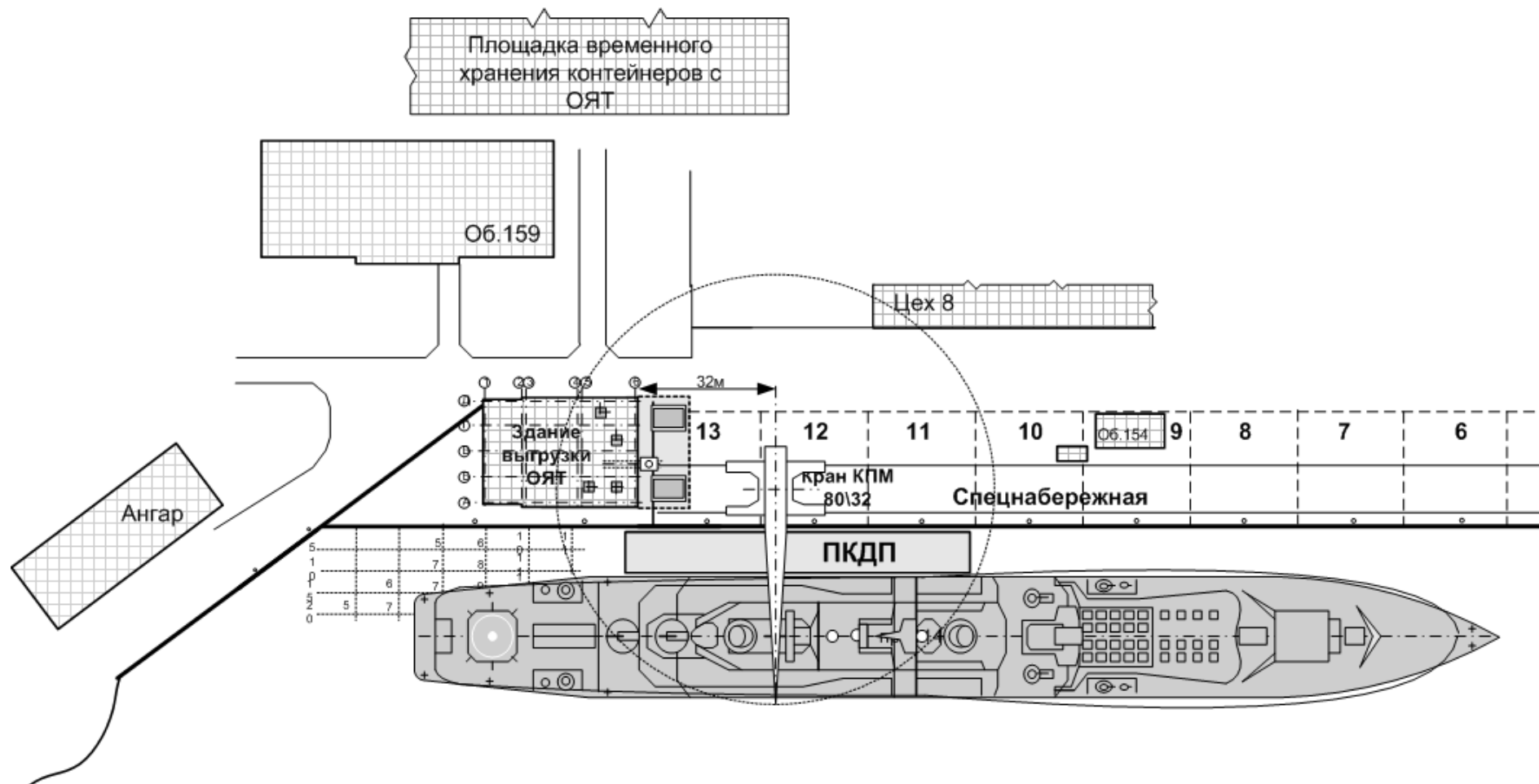
Этапы подготовки	Мероприятия
<b>Подготовка корабля</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– монтаж в районе реакторного отсека и в аппаратных выгородках технологических площадок, вытяжных фильтровентиляционных установок для вентиляции аппаратных выгородок, нестандартных технологических трубопроводов для приема и подачи рабочих и технологических сред;</li> <li>– монтаж нестандартной аппаратуры радиационного контроля;</li> <li>– размещение в ЗСР технологического оборудования, в том числе контейнеры для ТРО, ёмкостей для ЖРО и др.;</li> <li>– удаление газа из системы газа высокого давления (ГВД);</li> <li>– снижение давления в 1 контурах до атмосферного и дренаж консервирующего раствора по уровень главных патрубков реакторов или, по заключению ОКБМ, их полное осушение.</li> </ul>
<b>Подготовка предприятия</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка "Паспорта готовности предприятия и корабля к выгрузке ОЯТ";</li> <li>– разработка "Перечня демонтажно-монтажных, сопутствующих работ для выгрузки ОЯТ";</li> <li>– разработка документации и выполнение мероприятий по обеспечению ядерной, радиационной безопасности, подготовке персонала и другим направлениям в объеме паспорта.</li> </ul>
<b>Подготовка берегового комплекса выгрузки, объектов инфраструктуры и перегрузочного оборудования</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– изготовление необходимого нестандартного оборудования (контейнеров под нажимные устройства, крышек специальных для закрытия аппаратных выгородок);</li> <li>– подготовка вытяжных фильтровентиляционных установок для вентиляции аппаратных выгородок;</li> <li>– монтаж систем радиационного контроля, сигнализации, телевизионного наблюдения и связи между пультом управления выгрузкой ОЯТ и аппаратными выгородками корабля;</li> <li>– проверка комплектности оборудования перезарядки, используемого при выгрузке ОЯТ, и подготовка его к работе.</li> </ul>
<b>Подготовка плавучей технической базы ВМФ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка и согласование "Инструкции по ядерной и радиационной безопасности";</li> <li>– разработка и согласование организационно-технических мероприятий по обеспечению ядерной и радиационной безопасности;</li> </ul>



**Рисунок 7 - Схема выгрузки ОЯТ с использованием берегового комплекса выгрузки**



**Рисунок 8 - Схема выгрузки ОЯТ с использованием плавучей технической базы ВМФ класса "Малина"**



**Рисунок 9 – Транспортно-технологическая схема обращения с ОЯТ на МП "Звёздочка" с использованием инфраструктуры берегового комплекса выгрузки**

Проектной и эксплуатационной документацией Корабля, разработанной Северным ПКБ и ЦКБ "Айсберг", предусмотрено, что перегрузка ядерного топлива будет осуществляться при помощи ПТБ ВМФ класса "Малина". Данное судно построено в 1984 г. и находится на акватории г. Северодвинска. ПТБ оборудована двумя кранами, постом загрузки контейнеров, баками для «мокрого» хранения ОТВС, достаточными для приема ОЯТ из реакторов Корабля. Одной из проблем, связанных с выгрузкой ОЯТ при помощи ПТБ ВМФ является напряжённый график её использования для нужд ВМФ.

Однако при использовании ПТБ для выгрузки ОЯТ необходимо учесть следующие факторы:

- потенциальный риск с точки зрения ядерной и радиационной безопасности при проведении работ по выгрузке ОЯТ с использованием ПТБ выше, чем выгрузка береговым комплексом;
- ПТБ класса «Малина» требует проведения ежегодного поддерживающего ремонта для обеспечения готовности к выгрузке ОЯТ, и выполнение периодических доковых осмотров и ремонтов;
- кран, осуществляющий выгрузку ОЯТ, эксплуатируется более 20 лет и имеет грузоподъемность всего 16 тонн, что является недостаточным для выгрузки оборудования из реакторного отсека корабля, что влечет за собой привлечение дополнительных средств (береговой кран или плавкран).

**Береговой комплекс выгрузки** построен и введен в эксплуатацию в 2001 году, имеет новое, современное оборудование, обученный и аттестованный персонал. Специалисты, участвующие в выгрузке проходят ежегодное обучение на базе ФГУП «НИПТБ «Онега», инженерно-технический персонал БКВ проходит обучение в ФГУП ОКБМ (Н. Новгород). Начиная с 2001 года персоналом БКВ проведены 6 выгрузок ОЯТ с АЛЛ различных классов: Тайфун, Дельта, Виктор-I, П, Ш. Кран, осуществляющий выгрузку ОЯТ эксплуатируется менее 5 лет и имеет грузоподъемность 80 тонн, что является достаточным для демонтажа всего оборудования из реакторного отсека, в том числе крышек реакторов, весом около 20 тонн.

До настоящего момента операции по перезарядке реакторов кораблей с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков" не проводились, поэтому перегрузочное оборудование, изготовленное в 1987 году, не было опробовано.

Ввиду того, что для оценки целесообразности выгрузки ОЯТ с помощью берегового комплекса требуется выполнение ряда проектно-технологических проработок, решение о варианте выгрузки ОЯТ должно быть принято на последующих этапах разработки проекта утилизации Корабля.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что использование БКВ можно считать наиболее приемлемым вариантом выгрузки ОЯТ из реакторов НК с ЯЭУ "Адмирал Ушаков" по следующим причинам:

- выгрузка ОЯТ наиболее безопасна при использовании берегового комплекса, т.к. снижается риск возникновения аварийных ситуаций, как при использовании ПТБ, выполняющей выгрузку в положении на плаву;
- при выгрузке ОЯТ силами ПТБ ВМФ необходимо осуществить промежуточную операцию по перевалке ОЯТ из ёмкостей ПТБ в транспортные контейнеры, что дополнительно увеличивает риск возникновения аварийных ситуаций при обращении с ОЯТ, тогда как при выгрузке ОЯТ БКВ промежуточная операция по

перегрузке топлива из емкостей ПТБ в контейнеры исключена. ОТВС загружаются сразу в транспортные контейнеры типа ТК-18 или ТУК-108/1. Таким образом, исключается дополнительный риск возникновения ядерной и радиационной аварии при обращении с ОЯТ;

– имеемый у МП "Звёздочка" береговая инфраструктура выгрузки и обращения с ОЯТ позволяет безопасно произвести выгрузку ОЯТ из реакторов Корабля, разместить контейнеры с ОЯТ на площадке временного хранения ОЯТ, сформировать эшелон и отправить ОЯТ на ПО "Маяк" силами МП "Звездочка" без привлечения дополнительных сил и средств;

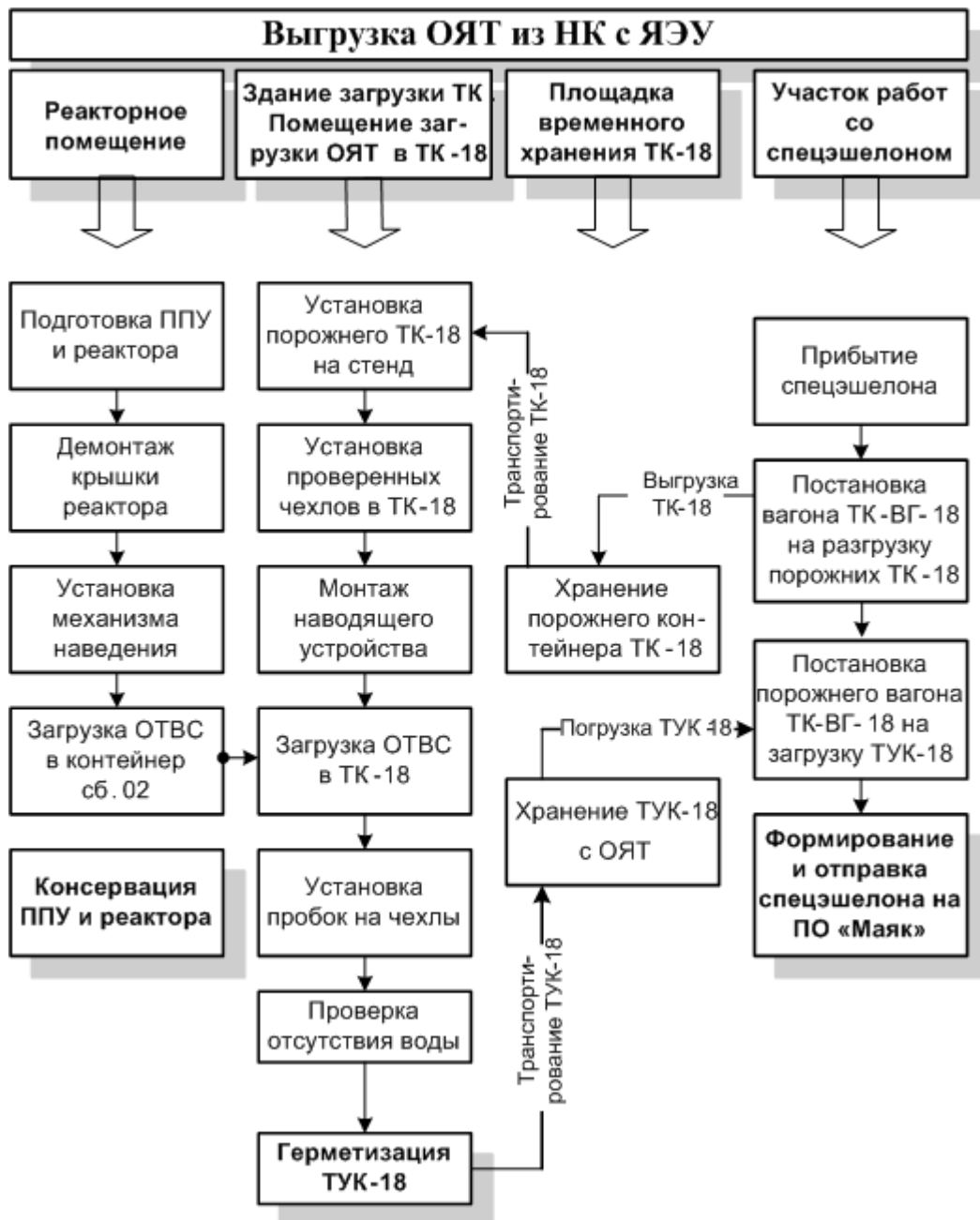
При выгрузке ОЯТ из НК с ЯЭУ отдельные работы будут иметь следующие специфические особенности по сравнению с выгрузкой топлива из АПЛ:

– нижние части чехлов аварийной защиты (АЗ) со стержнями-поглотителями первоначально, после разрезки, подлежат временному размещению в кассетах реактора с последующей перегрузкой их для длительного хранения в освободившиеся от других кассет периферийные гнезда выемного блока реактора;

– по причине недостаточной грузоподъемности крана ПТБ выгрузка, временное хранение, подготовка к повторному монтажу и погрузка на корабль крышек реакторов осуществляется с помощью портального крана и технических средств берегового комплекса выгрузки ОЯТ предприятия;

– нажимные устройства, демонтируемые из реакторов, упаковываются в качестве ТРО в специальные контейнеры, размещаемые на ПТБ, с последующей загрузкой их в реакторные отсеки утилизируемых АПЛ для длительного хранения. Допускается нажимные устройства размещать в освободившиеся гнезда выемного блока реактора утилизируемого корабля.

Погрузка выгружаемого ОЯТ в спецэшелон и отправка на переработку производится в порту Беломорской военно-морской базы или с площадки временного хранения ОЯТ берегового комплекса выгрузки в соответствии с технологическим регламентом ВНИПИЭТ. Транспортно-технологическая схема выгрузки ОЯТ и отправки на ПО "Маяк" с использованием берегового комплекса МП "Звёздочка" приведена на рисунке 10.



**Рисунок 10 - Транспортно-технологическая схема выгрузки ОЯТ и отправки на ПО "Маяк" с использованием берегового комплекса выгрузки МП "Звёздочка"**



#### **4. Принципиальные проектные и технологические решения по утилизации НК класса "Адмирал Ушаков"**

Укрупнённая организационно-технологическая схема утилизации НК с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков" представлена на рисунке 11.

При проработке технологических решений по выгрузке ОЯТ и утилизации Корабля на МП "Звёздочка" рассмотрены два варианта утилизации корабля после выгрузки ОЯТ:

**I вариант.** Разрезка корпуса на плаву на **2** блока до габаритов, позволяющих провести постановку блоков корпуса Корабля в док-камеру предприятия на секционную утилизацию, и формирование блока реакторного отсека (БРО) на твердом основании (рисунок 12).

**II вариант.** Разрезка корпуса на плаву на **3** блока с выделением БРО (с прилегающими к нему конструкциями) и носового и кормового блоков.

Предполагается следующая последовательность работ:

1. Демилитаризация корабля;
2. Выгрузка ОЯТ.
3. Хранение контейнеров с топливом на площадке временного хранения на МП "Звёздочка". Отправка ОЯТ на ПО "Маяк".
4. Выгрузка РАО, переработка и отправка на площадки хранения.
5. Демонтаж, утилизация верхней части корпуса корабля до уровня непроницаемых палуб находящихся выше ватерлинии с выгрузкой оборудования, устройств и аппаратуры.
6. Подготовка корпуса к разрезке на блоки на плаву (герметизация переборок в районе линий реза корпуса, установка штатных и, при необходимости, технологических заделок, прием балласта и т.п.).
7. Разрезка корпуса НК на плаву по линиям реза (на 2 блока по **I варианту** и 3 блока по **II варианту**) согласно проектно-конструкторской документации.

Разрезка корпуса в подводной части возможна двумя способами:

- с применением технологий подводной резки;
- с применением кессонов, устанавливаемых в районе линий реза корпуса под водой.

8. Подготовка блоков корпуса Корабля к постановке в док-камеру МП "Звёздочка".

Примечание. Для возможности постановки частей корпуса корабля в док-камеру необходимо произвести демонтаж надводного борта корпусов до уровня 3-й палубы, обеспечив максимальную ширину корпуса 25,0 м необходимую для заводки в док-камеру МП "Звёздочка".

9. Постановка частей корпуса корабля в док-камеру.

10. Демонтаж и выгрузка оборудования, механизмов, устройств. Разрезка корпусных конструкций на крупные секции, разделка на габаритный металлолом на участках.

11. Формирование БРО, подготовка его к хранению на плаву. Погрузка ТРО в сформированный БРО (при необходимости). Установка буксирного, швартовного и леерного устройств, монтаж переходных площадок, марок углубления, сигнально-отличительных огней, окраска. Спуск сформированного БРО на воду и транспортировка в пункт длительного хранения (ПДХ) в Сайда-губу (Мурманская область).

12. Сбор токсичных отходов, образующихся при утилизации Корабля, переработка или хранение на спецплощадке вредных и токсичных отходов.

Отличительной конструктивной особенностью надводных кораблей от подводных лодок при выполнении утилизации является наличие большого количества конструкций из алюминиево-магниевого сплава АМг (таблица 3). Учитывая высокую горючесть этого сплава и большой объём работ по резке этого материала, необходима разработка мероприятий по организации этих работ.

**Таблица 3 - Сравнительные характеристики АПЛ и НК класса "Адмирал Ушаков" по выходу в металлолом алюминиево-магниевого сплава при утилизации, тонн**

Материал	Класс корабля				НК класса "Адмирал Ушаков"
	"Виктор-2"	"Дельта-3"	"Оскар"	"Тайфун"	
Алюминиево-магниевого сплавы АМг	26,0	28,0	34,8	24,0	600,0 (ориентировочно)

Сравнительные характеристики по выходу чёрных и цветных металлов при утилизации АПЛ и Корабля приведены в таблице 4.

**Таблица 4 - Сравнительные характеристики АПЛ и НК класса "Адмирал Ушаков" по выходу чёрных и цветных металлов, тонн**

Наименование характеристик	"Виктор-2"	"Дельта-1"	"Оскар"	НК с ЯЭУ (ориентировочно)
Ориентировочный выход металлов:				
чёрных	1631,0	3063,0	5830,0	8900,0
цветных	301,6	377,8	753,9	2300,0

Соотношение выхода металла при утилизации НК с ЯЭУ и различных проектов АПЛ показаны на рисунке 13.

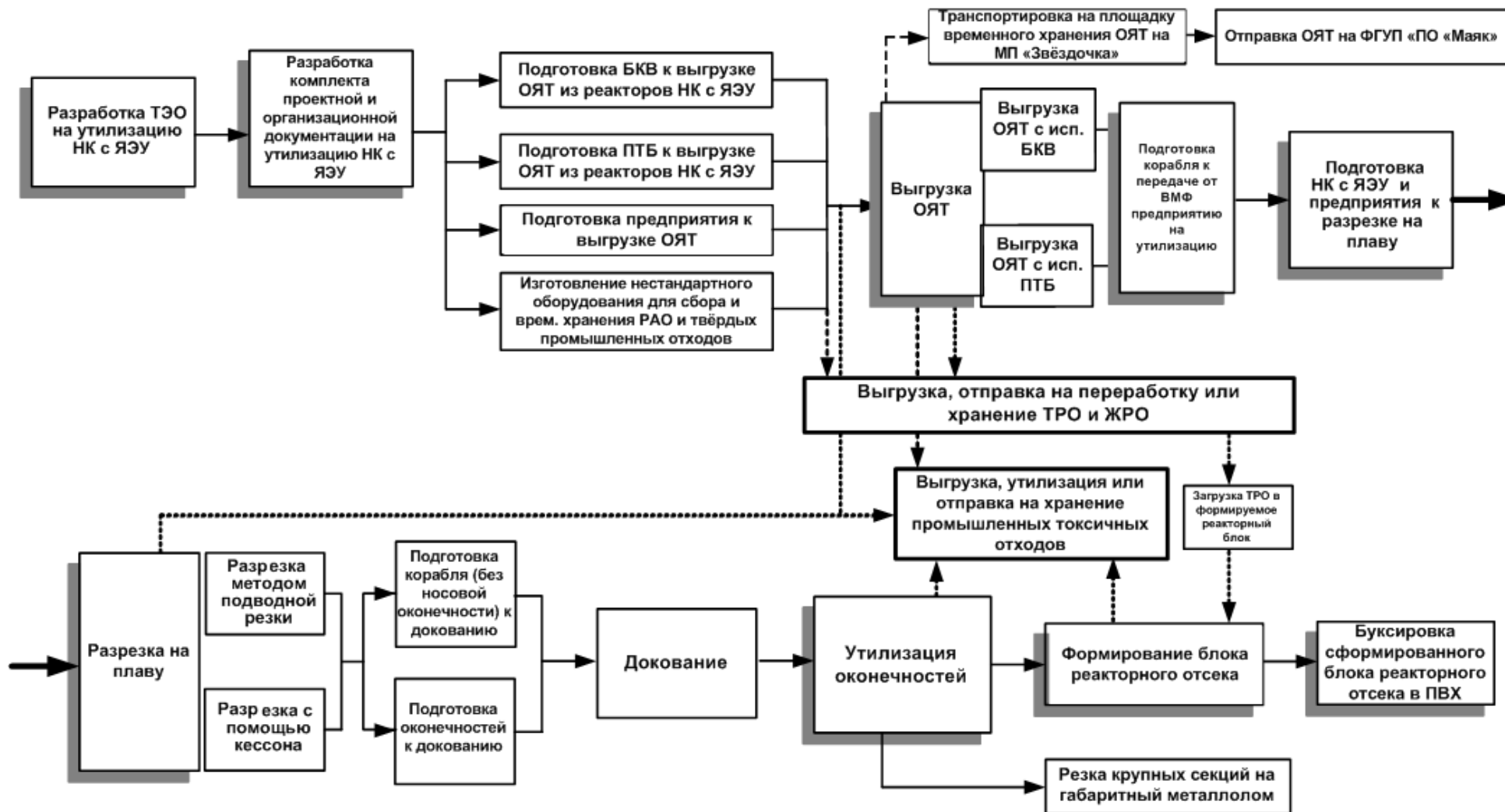


Рисунок 11 - Укрупнённая организационно-технологическая схема утилизации НК с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков"

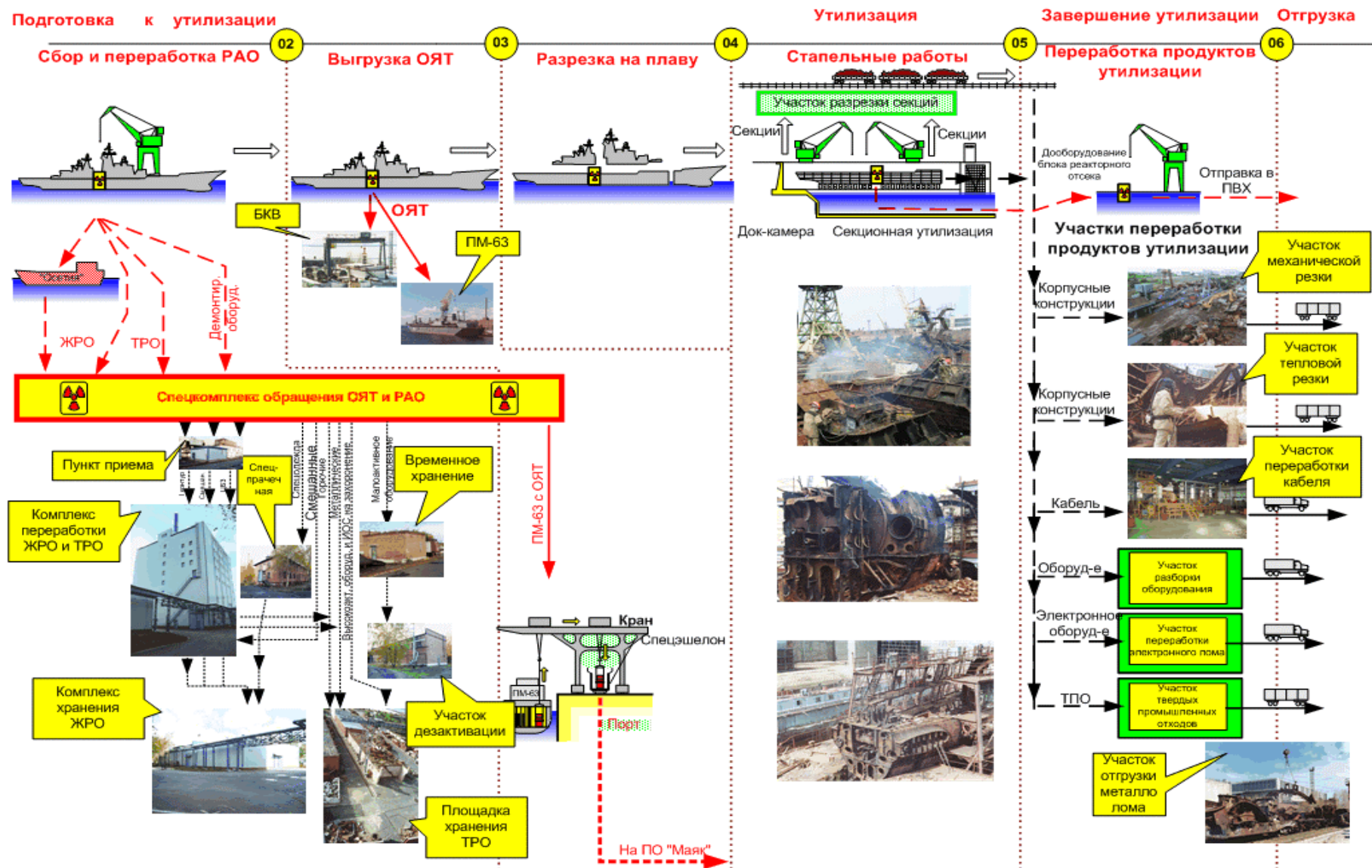
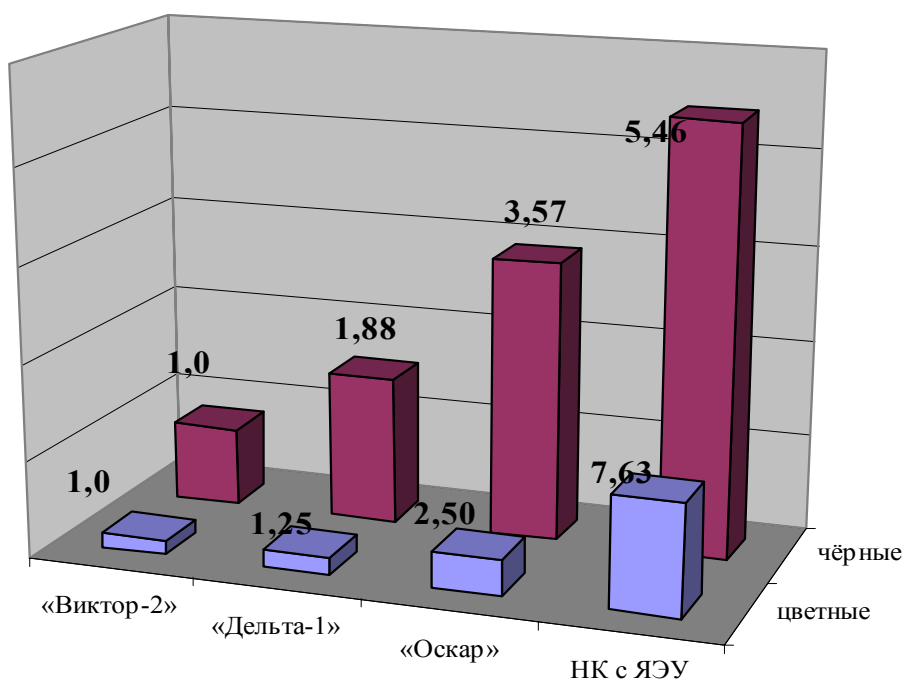


Рисунок 12 - Этапно-позиционный метод утилизации НК с ЯЭУ при разрезке корабля на плаву на 2 части (вариант I)



**Рисунок 13 - Соотношение выхода металлов при утилизации различных проектов АПЛ и НК с ЯЭУ**

Следующей особенностью утилизации НК с ЯЭУ класса "Адмирал Ушаков" в отличие от АПЛ – является большой объём работ, выполняемый на высоте, что тоже потребует разработка мероприятий по организации их выполнения и обеспечения и соответствующей оснастки.

При утилизации Корабля производится демонтаж большого количества корпусных конструкций, оборудования и материалов, которые необходимо складировать на территории предприятия. Анализ мощностей МП "Звёздочка" по объёмам переработанного металлолома при утилизации АПЛ за 5 лет (таблица 5) подтверждает готовность предприятия переработать металлолом, образующийся при утилизации Корабля.

**Таблица 5 – Мощности МП "Звёздочка" по объёмам переработанного металлолома при утилизации АПЛ, тонн**

Год	Количество утилизированных АПЛ в год	Общий объем переработанного металлолома
2000	2	14 902
2001	1	8 398
2002	1	10 225
2003	2	10 576
2004	5	17 156

## **5. Анализ номенклатуры и объёмов РАО и токсичных отходов, образующихся при утилизации НК с ЯЭУ и АПЛ**

Основной задачей обращения с РАО в процессе утилизации является снижение радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду до разумно достижимого минимума с учетом санитарно-гигиенических норм, экономических и социальных факторов. При утилизации НК с ЯЭУ на предприятии "Звёздочка" поставленная задача будет решаться путем проведения комплекса специальных мероприятий, который представляет собой последовательность следующих этапов:

### **а) обращение с газообразными радиоактивными отходами (ГРО):**

– очистка на фильтрах с целью снижения активности до уровней, регламентируемых установленными НРБ-99 допустимыми выбросами радиоактивных веществ (при необходимости);

– удаление в атмосферу;

### **б) обращение с жидкими и твёрдыми радиоактивными отходами (ЖРО и ТРО):**

– сбор в местах образования;

– транспортирование по территории предприятия к месту временного хранения;

– временное хранение;

– переработка ЖРО и ТРО;

– временное хранение вторичных ТРО;

– размещение ТРО в реакторные отсеки утилизируемых АПЛ или БРО Корабля или передача вторичных ТРО на захоронение.

Мероприятия по обращению с РАО при утилизации НК с ЯЭУ на МП "Звёздочка" будут проводиться согласно технологической схеме (рисунок 15), что позволит выполнять следующие условия:

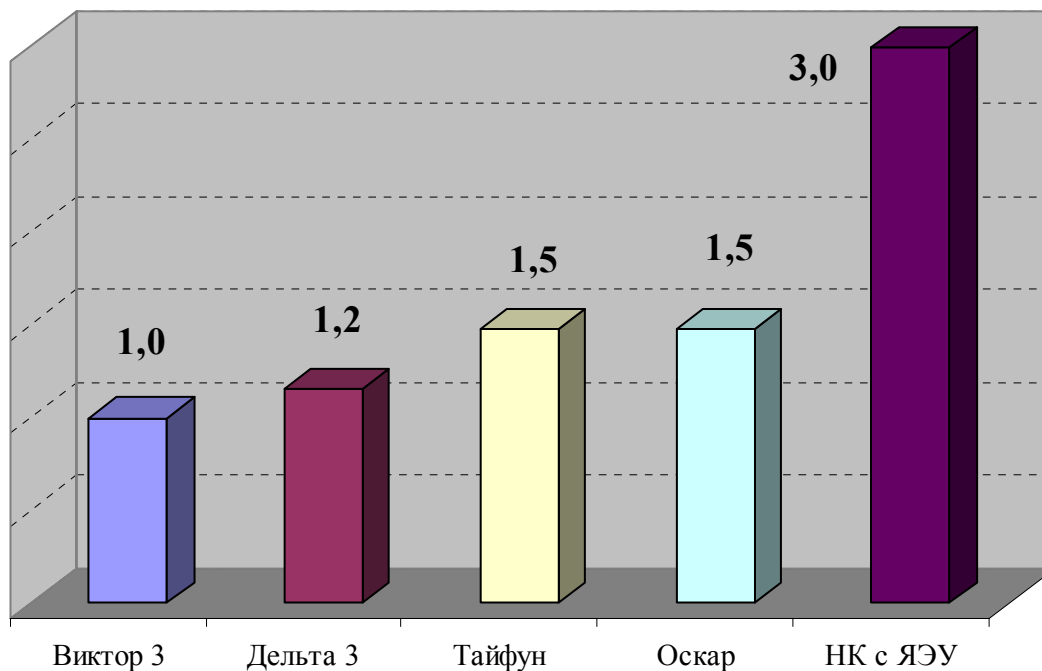
– количество (объем, масса) и активность (объемная, удельная) РАО должны быть минимальны;

– должно обеспечиваться соблюдение требования радиационной безопасности.

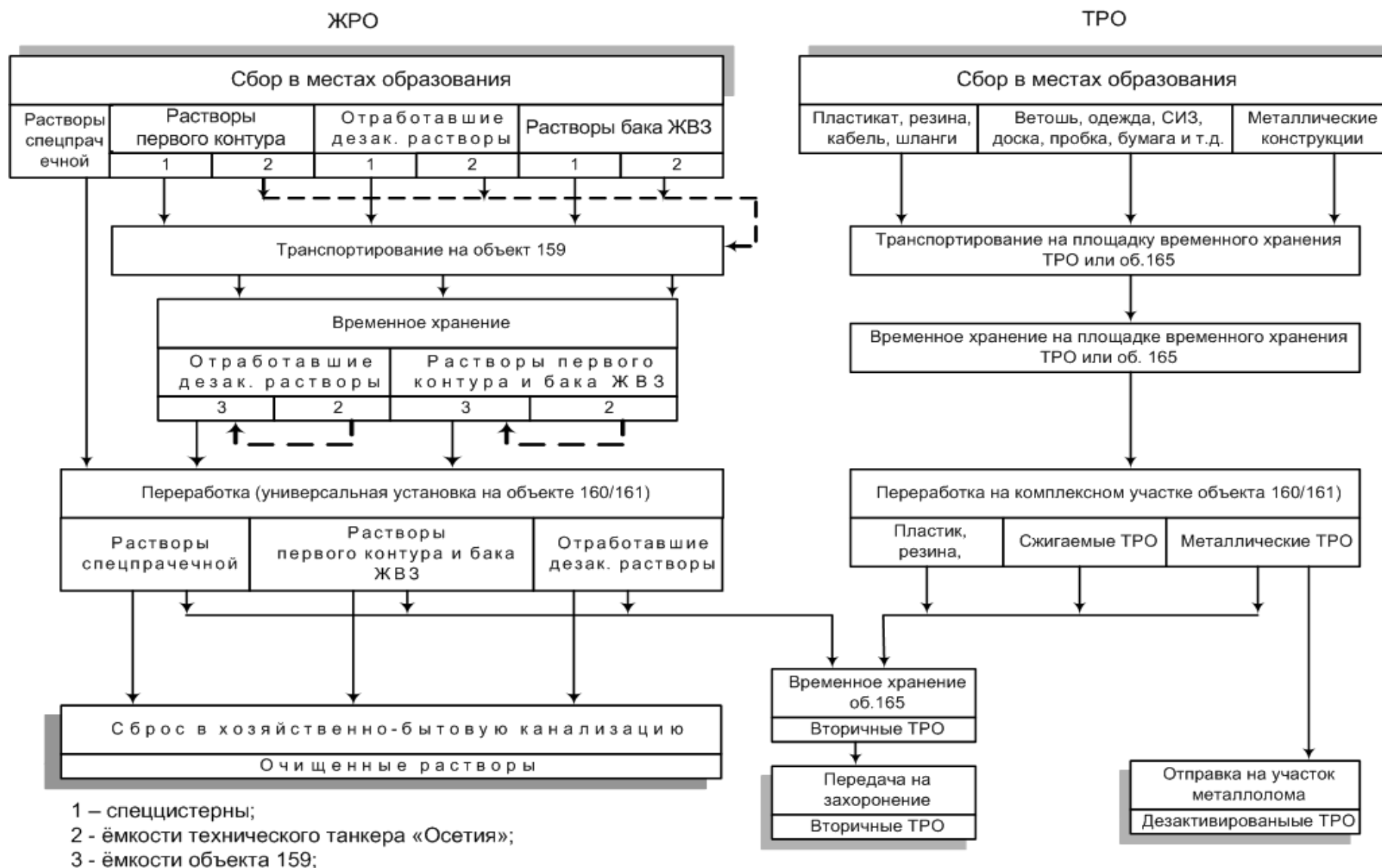
Соотношение ЖРО, образующихся при утилизации НК с ЯЭУ и различных проектов АПЛ (теплоноситель 1 контура и технологические воды 3 контура) представлены на рисунке 14. Виды и количество твёрдых радиоактивных отходов, образующихся при утилизации НК с ЯЭУ и различных проектов АПЛ представлены в таблице 6.

Обращение с РАО, образующихся при утилизации Корабля, будет производиться в соответствии со схемами и инструкциями, действующими на МП "Звёздочка" с учетом их количественного и качественного состава РАО. РАО подлежат переработке на специализированных объектах МП "Звёздочка" (рисунок 16). ТРО после подготовки по требованиям руководящих документов собираются в контейнеры и частично загружаются для длительного хранения в утилизированных АПЛ или сформированный БРО Корабля. Частично отходы хранятся на площадке временного хранения

МП "Звёздочка" до вывоза на региональный объект захоронения ТРО. Учет и контроль образования, обращения и движения РАО всех видов в процессе утилизации будет осуществляться на предприятии отделом ядерной и радиационной безопасности.



**Рисунок 14 - Соотношение ЖРО, образующихся при утилизации НК с ЯЭУ и различных проектов АПЛ (теплоноситель 1 контура и технологические воды 3 контура)**



**Рисунок 15 - Технологическая схема обращения с РАО на МП "Звёздочка"**



**Таблица 6 - Виды и количество твёрдых радиоактивных отходов, образующихся при утилизации НК с ЯЭУ и различных проектов АПЛ, куб.м.**

Наименование твёрдых радиоактивных отходов	Класс корабля				
	Виктор	Дельта	Тайфун	Оскар	НК с ЯЭУ * (ориентировочно)
Оборудование ЯЭУ (металлоконструкции, трубопроводы и др.)	6,0	6,0	10,0	10,0	15,0
Изолирующие покрытия, средства индивидуальной защиты, пробка, асбестовая ткань и т.п.	3,0	8,0	8,0	5,0	10,0
Обрезка кабеля, дренажные шланги "грязной воды, резиновое покрытие, пластикат и т.п.	20,0	30,0	30,0	20,0	30,0
Итого:	29,0	44,0	48,0	35,0	55,0

Примечание: (\*) Состав и количество РАО, образующихся при утилизации Корабля, будут уточнены при разработке комплекта проектной документации.

ТРО, образующиеся в процессе выгрузки ОЯТ и подготовки БРО к долговременному хранению, а также ТРО, накопленные в процессе эксплуатации корабля (заменяемое при ремонте оборудование и элементы ЯЭУ) могут размещаться внутри БРО аналогично с требованиями РД95.10548-2000 "Отходы радиоактивные твёрдые. Размещение в реакторных отсеках утилизируемых АПЛ. Общие технические требования". Документ требует доработки в части распространения его на НК с ЯЭУ. НИКИЭТ планирует выполнить разработку документа.

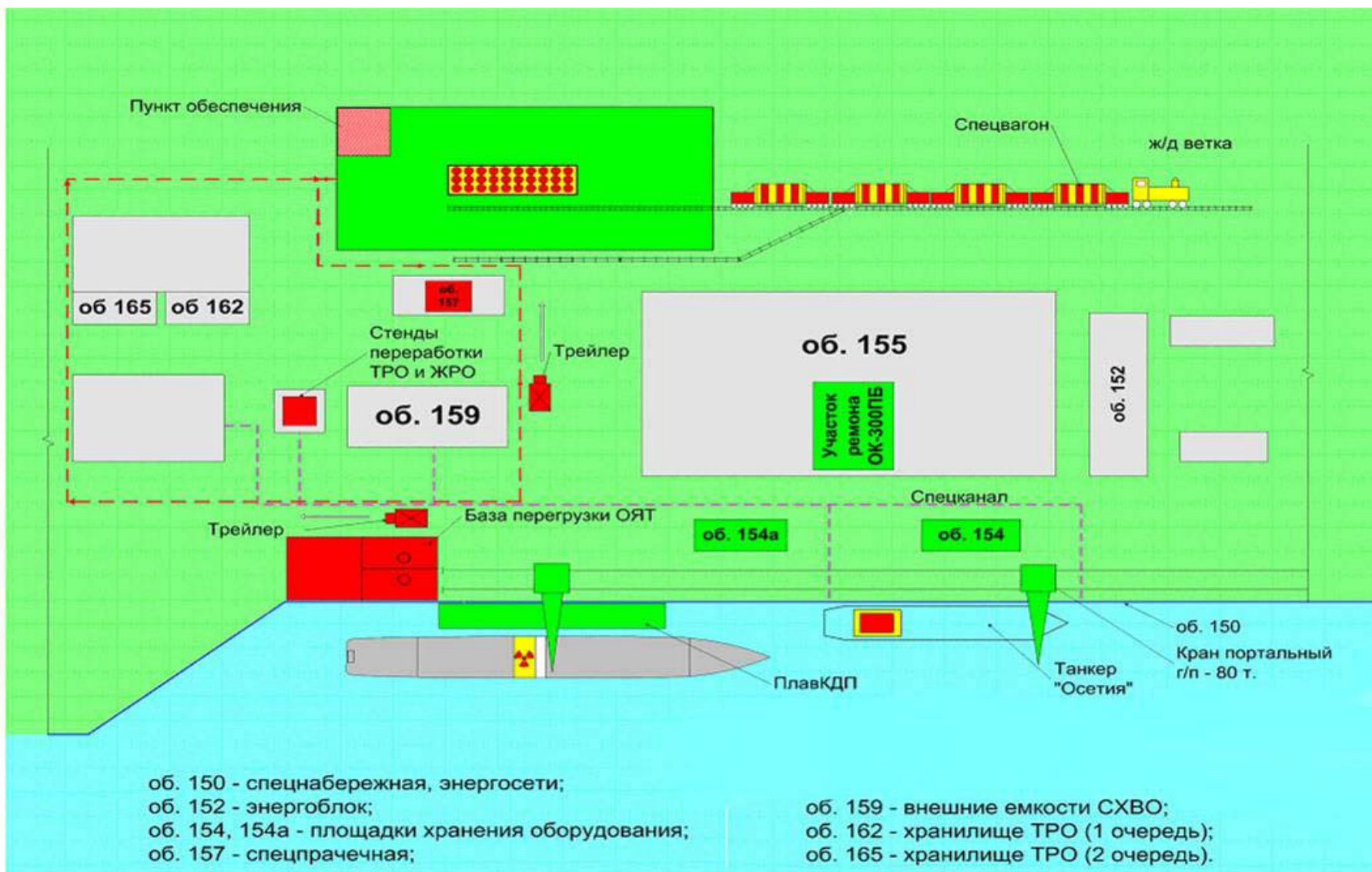


Рисунок 16 - Схема использования спецкомплекса обращения с ОЯТ и РАО на МП "Звёздочка" при утилизации НК с ЯЭУ

Утилизация Корабля будет сопровождаться образованием жидких, твердых и газообразных материалов, содержащих **токсичные вещества**, представляющих опасность для персонала, населения и природной среды: атмосферы, водоемов, почвы. Ориентировочное количество токсичных промышленных отходов, образующихся при утилизации Корабля приведён в таблице 7.

**Таблица 7 - Ориентировочное количество жидких и твёрдых токсичных промышленных отходов по классам опасности, образующихся при утилизации НК класса "Адмирал Ушаков", тонн**

Вид токсичных отходов	Класс опасности отходов				
	1 чрезвычайно- опасные	2 высоко- опасные	3 умеренно- опасные	4 мало- опасные	5 практически не опасные
Жидкие (штатные рабочие среды Корабля, промывные воды с нефтепродуктами и остатками рабочих сред, хозяйственно-бытовые сточные воды от производственных цехов и объектов, занятых на утилизации)	-	5	192	-	-
Твердые (резиновые, стеклопластиковые, изоляционные материалы; кабель; полимерные материалы; асбестосодержащие материалы; смолы; адсорбенты; сухие отвержденные лакокрасочные материалы; прокладочные материалы; ткани)	-	-	360	2 242	2 084
Твердые (люминесцентные лампы), шт.	11 415	-	-	-	-

Примечания:

- 1 Наиболее опасным является 1 класс опасности. Допускается вывоз на свалки отходов 5 класса опасности (ГОСТ 12.1.007 "Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности").
- 2 Класс отходов определяется в соответствии с "Санитарными правилами по определению класса опасности токсичных отходов в производстве и потреблении" СП 2.1.7.1368-03.
3. Состав и количество токсичных промышленных отходов, образующихся при утилизации Корабля, будут уточнены при разработке комплекта проектной документации.

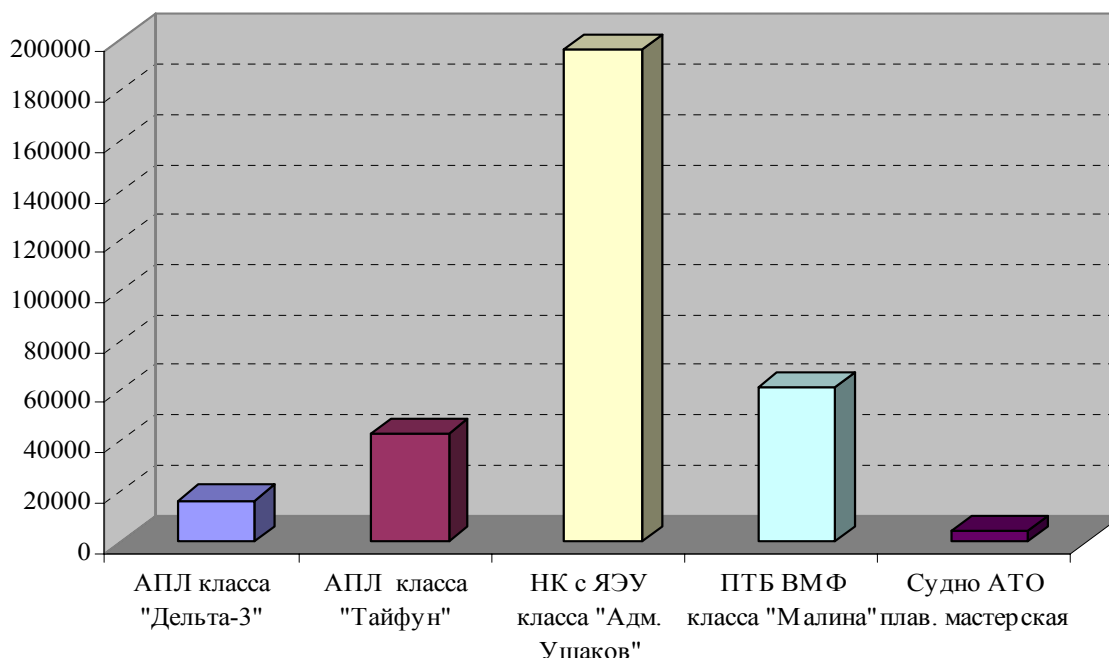
МП "Звёздочка" несёт ответственность за безопасное временное хранение токсичных материалов на территории предприятия и обеспечивает удаление с территории предприятия токсичных материалов в региональные объекты переработки и хранения.

Учёт образования, обращения и движения токсичных материалов всех видов осуществляется на предприятии под контролем отдела охраны окружающей природной среды.

Источником образования **жидких токсичных отходов** являются: штатные рабочие среды Корабля, промывные воды с нефтепродуктами и остатками рабочих сред, хозяйственно-бытовые сточные воды от производственных цехов и объектов, занятых на утилизации. Штатные рабочие среды включают нефтепродукты (дизельное топливо, масла различных марок), смазки различных типов (петролатум, парафин, церезин), кислоты, щелочи, пенообразователь, хладоны.

Промывные нефтесодержащие воды проходят очистку от нефтепродуктов на очистных сооружениях предприятия и биологическую очистку перед сбросом в водоем. Отработанные нефтепродукты сжигаются на котельной предприятия. Кислоты, щелочи, пенообразователь проходят обезвреживание на очистных сооружениях предприятия. Для утилизации гидравлической жидкости, хладонов требуется разработка специальных технологических решений и закупка оборудования. В настоящее время идет процесс накопления этих материалов и временное хранение в герметичных емкостях на территории предприятия.

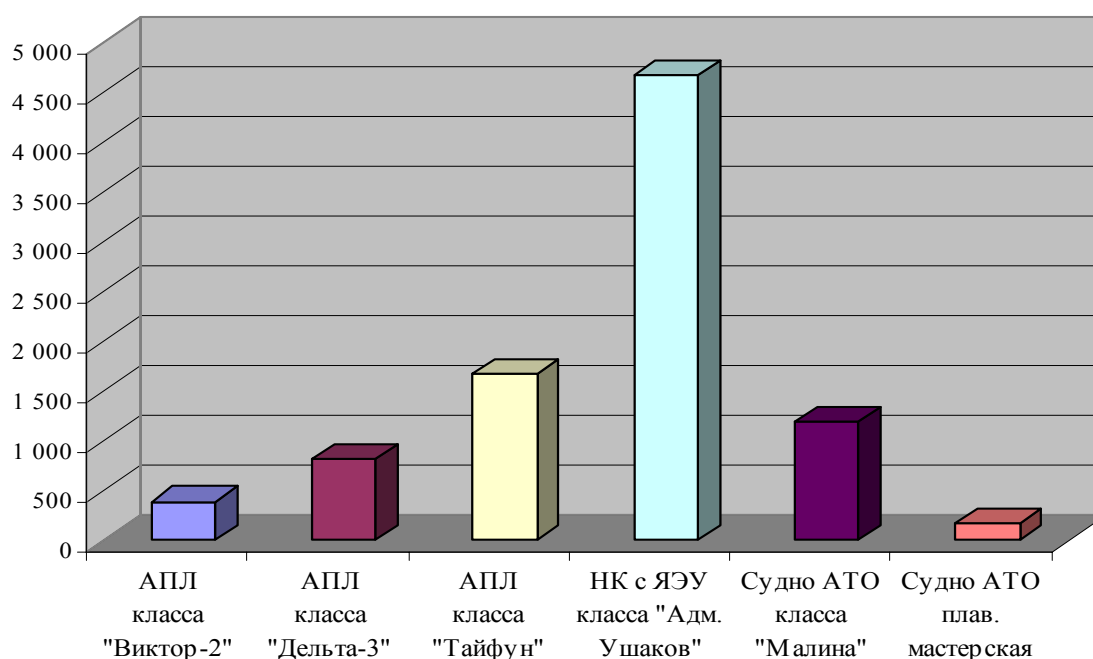
Ориентировочное количество жидких токсичных отходов для НК с ЯЭУ, различных проектов АПЛ, судов АТО при утилизации приведено на рисунке 17.



**Рисунок 17 - Ориентировочное количество жидких токсичных отходов для НК с ЯЭУ, различных проектов АПЛ и судов АТО при утилизации, килограмм**

**Твердые токсичные отходы** представляют собой: резиновые, стеклопластиковые материалы, изоляционные материалы, кабель, люминесцентные ртутьсодержащие лампы, полимерные материалы, асбестосодержащие материалы, смолы, адсорбенты, сухие отвержденные лакокрасочные материалы, прокладочные материалы, ткани. Как правило, это смешанные неразделимые материалы, составы или смеси с остатками клеевой основы, лакокрасочных материалов, металлической пыли.

С целью исключения загрязнения почвы будет производиться организованный сбор твердых токсичных отходов на специально предусмотренных площадках, упаковка в герметичные контейнеры и последующее размещение на хранение на площадке твердых промышленных отходов. Ориентировочное количество твёрдых токсичных отходов, образующихся при утилизации, НК с ЯЭУ, различных классов АПЛ и судов АТО, приведено на рисунке 18.



**Рисунок 18 - Ориентировочное количество твёрдых токсичных отходов, образующихся при утилизации, НК с ЯЭУ, различных классов АПЛ и судов АТО, тонн**

### **Заключение и выводы**

Утилизация тяжелого атомного ракетного крейсера "Адмирал Ушаков" – стадия, завершающая жизненный цикл корабля после его эксплуатации, включает в себя совокупность организационно-технологических мероприятий по подготовке к утилизации, выгрузке отработавшего ядерного топлива, его хранению, отправке на ПО "Маяк", разрезки и переработки корпусных конструкций и оборудования корабля, формированию БРО и отправке его в пункт длительного хранения.

На сегодняшний день работы по утилизации кораблей с ядерной энергетической установкой такого класса в нашей стране не проводились, однако, учитывая имеемый в распоряжении МП "Звёздочка" современный, отвечающий всем требованиям безопасности комплекс по утилизации АПЛ и НК, а также опыт реализации проектов по утилизации АПЛ и НК с установками на органическом топливе, можно утверждать, что данная задача может быть выполнена силами МП "Звёздочка".

Несмотря на то, что утилизация крейсера "Адмирал Ушаков" представляет собой новую технически и технологически сложную задачу, весь объем работ можно разделить по "классической" схеме на следующие этапы:

- разработка технико-экономической оценки (ТЭО) вариантов выгрузки ОЯТ и утилизации Корабля для выбора наиболее оптимального;
- разработка, согласование КПОД на утилизацию Корабля, разработка ОВОС, получение заключения Государственной экологической экспертизы;
- дооснащение существующих на МП "Звёздочка" мощностей;
- закупка необходимого специализированного оборудования, в том числе для подводной резки;
- выгрузка ОЯТ, временное хранение контейнеров на площадке МП "Звёздочка" и отправка контейнеров с ОЯТ на ПО "Маяк";
- сбор, переработка и отправка на хранение РАО и ТПО;
- разрезка корабля на части на плаву, постановка частей в док-камеру МП "Звёздочка";
- утилизация носовой и кормовой оконечностей;
- формирование БРО, транспортировка его на ПДХ.

Вышеизложенная схема позволит разделить сложную задачу на несколько этапов для четкого планирования подготовки производства и организации работ по утилизации Корабля.

В январе 2005 года итальянская компания "Sogin" в рамках "Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Итальянской Республики о сотрудничестве в области утилизации российских атомных подводных лодок, выведенных из состава военно-морского флота и безопасности обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом" подписанного в Риме 6 ноября 2003 года выразило согласие на осуществление финансирования начальных этапов комплексной утилизации данного корабля:

- разработка ТЭО вариантов выгрузки ОЯТ и утилизации Корабля;
- разработки КПОД на утилизацию Корабля;
- проведения выгрузки ОЯТ.

Для реализации этого масштабного пионерного проекта целесообразно организовать кооперацию нескольких стран-доноров.

Одним из ярких примеров кооперации стран-доноров во главе с координатором работ – Росатомом является проведение работ по реабилитации ядерно- и радиационно-опасных объектов в губе Андреева Мурманской области.

Утилизация тяжёлого атомного ракетного крейсера "Адмирал Ушаков" позволит решить одну из самых трудных проблем обеспечения безопасности Северо-западного

региона РФ и значительно снизить риск возникновения ядерных, радиационных и экологических аварий, связанных с нахождением ядерного топлива на борту выведенного из действующего состава флота корабля в городе с населением более 200 тысяч человек.

Было бы очень полезно услышать мнение каждого участника КЭГ по рассмотренной проблеме. По нашему мнению целесообразным, под руководством Росатома организовать встречу международных экспертов в Северодвинске в июле текущего года для выработки принципиальных решений по рассмотрению возможности кооперации стран-доноров и распределению участия в проекте по утилизации тяжёлого атомного ракетного крейсера "Адмирал Ушаков" на МП "Звёздочка".