

Инженерно-экологическая оценка утилизации надводных кораблей с ядерной энергетической установкой

М.С. Хвостова, канд. геогр. наук, доцент

Институт судостроения и морской арктической техники (Севмашвтуз) филиала Северного (Арктического) федерального университета им. М.В.Ломоносова, г. Северодвинск

e-mail: marinakhvostova@list.ru

Ключевые слова:

тяжелый атомный ракетный крейсер, комплексная утилизация надводных кораблей с ядерной энергетической установкой, отработанное ядерное топливо, радиоактивные отходы, токсичные отходы.

В статье рассмотрены принципиальные подходы к утилизации тяжелых атомных ракетных крейсеров на примере тяжелого атомного ракетного крейсера «Адмирал Ушаков» и концептуальные вопросы обеспечения безопасности при планируемой утилизации. Рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на выбор стратегии утилизации и на обеспечение ядерной, радиационной и экологической безопасности персонала, населения и окружающей среды при утилизации. Сделан вывод, что содержание и обслуживание выведенных из эксплуатации надводных кораблей с ядерной энергетической установкой и их реакторных установок, а также многие работы в процессе последующей утилизации надводных кораблей с ядерной энергетической установкой не имеют принципиальных отличий от соответствующих состояний атомных подводных лодок и работ на них. ОАО «ЦС “Звёздочка”» располагает многолетним опытом содержания и утилизации атомных подводных лодок, в том числе по выгрузке ядерного топлива из десятков судовых реакторных установок. Этот опыт убедительно подтверждает высокую надежность решений (в том числе по ядерной и радиационной безопасности и от недопустимого воздействия на окружающую среду), заложенных в отечественных проектах судовых реакторных установок, а также обработанность и приемлемость применяемых на ОАО «ЦС “Звёздочка”» регламентов и технологий соответствующих работ, включая такие потенциально опасные операции и работы, как выгрузка отработанного ядерного топлива из реакторов и обращение с ним.

1. История создания тяжелых атомных ракетных крейсеров

В 1961 г. в состав ВМС США вошел первый атомный крейсер «Лонг Бич» [1]. Это событие послужило толчком к созданию отечественного боевого атомного надводного корабля. В силу естественного развития военно-морской техники в 1964 г. начались исследования по определению облика первого в нашей стране боевого надводного атомохода [2]. Исследования проводились для удовлетворения объективной потребности флота в океанском надводном корабле, способном действовать в удаленных районах мирового океана в составе группировки и самостоятельно, преимущественно с противолодочными

задачами. Исследования завершились тактико-техническим заданием на разработку проекта большого противолодочного корабля с атомной энергетикой водоизмещением 8000 тонн.

Новый атомный корабль с самого начала стал любимым детищем главнокомандующего ВМФ С. Горшкова. Тем не менее, проектирование шло трудно и довольно медленно. С первых же этапов начало расти водоизмещение, что заставило искать все новые варианты главной энергетической установки (ЭУ), в первую очередь ее паропроизводящей части. В конце концов приняли решение о создании специальной ЭУ. При этом главком потребовал размещения резервной ЭУ на органическом топливе. Его опасения

можно понять: отечественный опыт эксплуатации атомных кораблей был сравнительно небольшим, а боевой корабль — это даже не ледокол, да и обеспечение его стоянки при нашей системе базирования всегда было болевой точкой флота [3].

При проектировании исходили из того, что решение кораблем главной задачи будет обеспечено только при наличии достаточной боевой устойчивости. Не вызывало сомнений, что наибольшую опасность для него представляет авиация, поэтому предусматривалось эшелонирование средств противовоздушной обороны корабля по всей глубине, элементам, принципам построения, калибрам и т.д.

Противокорабельные ракеты в проекте появились не сразу. Строившиеся у нас в те годы противолодочные корабли достаточно эффективного ударного оружия не несли, что существенно снижало их боевую устойчивость. Было учтено также, что надводный флот США начал интенсивно оснащаться противокорабельными ракетами. Таким образом, облик первого отечественного атомного корабля приобрел многоцелевую направленность, он получил окончательное наименование — тяжелый атомный ракетный крейсер (ТАРК).

Строительство ТАРК

С 1973 по 1996 г. по проекту 1144 на Балтийском заводе и построены четыре ТАРК. Эти корабли имели на вооружении практически все виды боевых и технических средств, созданных для военных надводных кораблей [3].

На Балтийском заводе 26 марта 1973 г. началось строительство первого головного корабля проекта 1144 — ТАРК «Киров» (с 1992 г. — «Адмирал Ушаков») (рис. 1). Спуск на воду состоялся 27 декабря 1977 г., а 30 декабря 1980 г. крейсер был передан флоту.

31 октября 1984 г. вступил в строй второй корабль серии — ТАРК «Фрунзе» (с 1992 г. — «Адмирал Лазарев»).



Рис. 1. ТАРК «Адмирал Ушаков» на набережной ОАО «ЦС «Звездочка»»

30 декабря 1988 г. Балтийский завод передал флоту ТАРК «Калинин» (с 1992 г. — «Адмирал Нахимов»).

В 1986 г. завод приступил к строительству последнего корабля серии — ТАРК «Пётр Великий» (изначально именовался «Куйбышев», потом — «Юрий Андропов»). Его строительство завершилось в 1996 г., после чего крейсер ушёл на ходовые испытания, которые в соответствии с планом проводились в суровых условиях Заполярья. В 1998 г. атомный крейсер был передан флоту. На данный момент ТАРК «Пётр Великий» является самым мощным ударным военным кораблем не только в военно-морском флоте России, но и во всём мире [4].

ТАРК «Адмирал Ушаков»

Конструкция. На корабле расположено около 1600 помещений, среди которых 140 одно- и двухместных кают для офицеров и мичманов, 30 кубриков для матросов и старшин (на 6–30 человек в каждом), 220 тамбуров, 49 коридоров общей длиной почти 20 км, 15 душевых, 2 бани, 1 сауна с бассейном 6×2,5 м, двухъярусный медицинский блок, где есть лазареты-изоляторы, аптека, рентген-кабинет, амбулатория, зубохирургический кабинет и операционная. Энергетическая установка крейсера проекта 1144 могла бы обеспечивать электричеством и теплом город с населением 100–150 тыс. жителей.

Основные тактико-технические элементы ТАРК «Адмирал Ушаков»:

- водоизмещение: стандартное — 23 750 т, полное — 25 860 т;
- размеры: длина наиб. — 250,1 м; ширина наиб. — 28,5 м; осадка габ. — 10,3 м;
- скорость хода: полная — 31 узел (более 55 км/ч), оперативно-экономическая — 18 узлов (более 33 км/ч);
- автономность плавания: 60 суток.

Экипаж: 759 человек (в том числе 120 офицеров) [3, 5, 6].

Энергетическая установка. Атомная энергоустановка (АЭУ) с реакторами КН-3 (активная зона типа ВМ-16), хотя и создана на базе ледокольных реакторов типа ОК-900, имеет существенные отличия. Самое главное — в топливных сборках (изготовитель — машиностроительный завод в г. Электростали) размещается уран с высокой степенью обогащения (около 70%). Срок работы такой зоны до следующей перезарядки 10–11 лет. Реакторы двухконтурные, водо-водяные, на тепловых нейтронах. В качестве замедлителя и теплоносителя применяется вода высокой чистоты (бидистиллят), которая под большим давлением (около 200 атмосфер) циркулирует через активную зону реакторов, обеспечивая кипение второго контура, который и идет в турбины в виде пара.

Особое внимание уделено отработке схемы применения энергетической установки корабля, мощность на валу которой достигла 70 тыс. л. с. Комплексно-автоматизированная АЭУ размещалась в трёх отсеках и включала два атомных реактора с общей тепловой мощностью 342 МВт, два турбозубчатых агрегата (расположены на носу и на корме от реакторного отсека) и два резервных автоматизированных котла КВГ-2, установленных в турбинных отделениях. Система пароснабжения позволяет подавать пар к любой установке по любому борту. Основные параметры котлоагрегата: температура перегретого пара при давлении 66 кг/см² — 470°, КПД котлов до 84%, масса сухого котла 50 т. Паропроизводительность по 115 т/ч.

Электростанция крейсера включала четыре паротурбогенератора по 3 МВт и четыре газотурбогенератора Пролетарского завода по 1,5 МВт, размещённых в четырёх автономных отсеках. Моторесурс каждого из них составляет до 50 тыс. ч [3, 5, 6].

Современное состояние ТАРК «Адмирал Ушаков». Головной корабль проекта 1144, с 1997 г. находящийся на территории ОАО «Центр судоремонта «Звездочка»» утилизация начнется не ранее 2016 г. В бюджет ГК «Росатом» на 2015 г. включена сумма, которую планируется потратить на разработку проектной документации по утилизации «Адмирала Ушакова». Отработанное ядерное топливо из него не выгружалось, однако специалистами «Звездочки» были проведены работы по герметизации реакторной зоны. Представитель предприятия отметил, что недвижимый уже много лет ракетный крейсер занимает много места, которое необходимо для выполнения актуальных заказов. Эксперты и представители научных ассоциаций неоднократно заявляли в СМИ, что невыгруженное из реактора ТАРК «Адмирал Ушаков» ядерное топливо представляет опасность для экологической безопасности региона. В 2013 г. гендиректор «Звездочки» Владимир Никитин заявлял, что от корабля «...исходит определенная угроза для Северодвинска и его жителей...» [7].

2. Основные проектные и технологические решения по утилизации надводных кораблей с ядерной энергетической установкой

Головной ТАРК «Адмирал Ушаков» (далее — Корабль) с 2002 г. выведен из состава Военно-морского флота и находится в ожидании утилизации с невыгруженным из реакторов ядерным топливом. 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 живу-

честь корабля «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 детали корпуса, что может привести к аварийным ситуациям.

К числу основных проблем утилизации кораблей класса «Адмирал Ушаков» относится отсутствие опыта утилизации надводных кораблей с ядерной энергетической установкой (НК с ЯЭУ) в России. До настоящего времени операции по перезарядке ядерных реакторов кораблей класса «Адмирал Ушаков» не проводились. Отсутствует разработанная нормативная, проектная, технологическая, организационная документация для обеспечения процесса утилизации. Габаритные размеры крейсера не позволяют произвести постановку его в док на твёрдое основание на ОАО «ЦС «Звездочка»» без разрезки на части на плаву. Отсутствуют опыт уникальных операций по разрезке кораблей на плаву, а также оборудование и освоенные технологии подводной резки корпуса, отсутствуют согласованные решения по способу длительного хранения блока реакторного отсека. Проблемой является большое количество радиоактивных отходов (РАО), токсичных промышленных отходов, образующихся при утилизации Корабля [4, 8].

Варианты выгрузки отработанного ядерного топлива береговым комплексом и плавучей технической базой ВМФ

Конструктивные отличия паропроизводящей установки (ППУ) Корабля от ППУ атомной подводной лодки (АПЛ) [9]:

- диаметр реактора больше в 1,35 раза, чем на АПЛ III 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».

Общая активность ППУ — $4,33 \cdot 10^{16}$ Бк ($1,16 \cdot 10^6$ Ки).

В том числе отработанного ядерного топлива (ОЯТ):

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

Состояние активных зон (загрузка 1979 г.) [4]:

- № 1 — нормальное состояние (топливо герметично);
- № 2 — допустимое состояние (частичная разгерметизация отработавших ОТВС).

В 1995 г. 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» [8]:

1. Произведено газоудаление из оборудования 1-х контуров ППУ.
2. В 1-х контурах установлен водно-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 положение 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-х контуров ЯЭУ при длительном хранении соответствует штатному режиму хранения при полностью заполненной водой системе.

За основу организации процесса утилизации Корабля на ОАО «ЦС “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 ОАО «ЦС “Звёздочка”» может производиться по двум вариантам [8, 10]:

- 1 — с использованием берегового комплекса выгрузки (БКВ) ОАО «ЦС “Звёздочка”;
- 2 — с использованием плавучей технической базы (ПТБ) ВМФ.

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 в 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 больше, чем при выгрузке береговым комплексом;
- ПТБ класса «Малина» требует проведения ежегодного поддерживающего ремонта для обеспечения готовности к выгрузке ОЯТ и выполнения периодических доковых осмотров и ремонтов;
- кран, осуществляющий выгрузку ОЯТ, эксплуатируется более 25 лет и имеет грузоподъемность всего 16 т, этого недостаточно 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 г., имеет новое, современное оборудование, обученный и аттестованный персонал. Начиная с 2001 г. персоналом БКВ проведено более 10 выгрузок ОЯТ с АПЛ различных классов: Тайфун, Дельта, Виктор — I, II, III. Кран, осуществляющий выгрузку ОЯТ, эксплуатируется более 10 лет и имеет грузоподъемность 80 т, этого достаточно для демонтажа всего оборудования из реакторного отсека, в том числе крышек реакторов, весом около 20 т.

До настоящего момента операции по перезарядке реакторов кораблей с ЯЭУ класса «Адмирал Ушаков» не проводились, поэтому перегрузочное оборудование, изготовленное в 1987 г., не было опробовано [9, 10].

Поскольку для оценки целесообразности выгрузки ОЯТ с помощью БКВ требуется выполнить ряд

проектно-технологических проработок, решение о варианте выгрузки ОЯТ должно быть принято на последующих этапах разработки проекта утилизации Корабля.

На основании изложенного можно сделать вывод, что использование БКВ наиболее приемлемый вариант выгрузки ОЯТ из реакторов НК с ЯЭУ «Адмирал Ушаков» по следующим причинам:

- выгрузка ОЯТ наиболее безопасна при использовании БКВ, так как риск возникновения аварийных ситуаций ниже, чем 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;
- имеющаяся у ОАО «ЦС “Звёздочка”» береговая инфраструктура выгрузки и обращения с ОЯТ позволяет безопасно произвести выгрузку ОЯТ из реакторов Корабля, разместить контейнеры с ОЯТ на площадке временного хранения, сформировать эшелон и отправить ОЯТ на ПО «Маяк» силами ОАО «ЦС “Звёздочка”» 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 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;
- из-за недостаточной грузоподъемности крана ПТБ выгрузка, временное хранение, подготовка к повторному монтажу и погрузка на корабль крышек реакторов осуществляются с помощью портального крана и технических средств берегового комплекса выгрузки ОЯТ предприятия;
- нажимные устройства, демонтируемые из реакторов, упаковываются в качестве твердых радиоактивных отходов (ТРО) в специальные контейнеры, размещаемые на ПТБ, с последу-

ющей 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 производятся в порту Беломорской военно-морской базы или с площадки временного хранения ОЯТ БКВ в соответствии с технологическим регламентом ВНИПИЭТ.

3. Принципиальные проектные и технологические решения по утилизации НК класса «Адмирал Ушаков»

При проработке технологических решений по выгрузке ОЯТ и утилизации Корабля на ОАО «ЦС “Звёздочка”» рассмотрены два варианта утилизации корабля после выгрузки ОЯТ [10, 11].

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.

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

Предполагается последовательность работ:

- демилитаризация корабля; выгрузка ОЯТ;
- хранение контейнеров с топливом на площадке временного хранения на ОАО «ЦС “Звёздочка”»;
- отправка ОЯТ на ПО «Маяк»;
- выгрузка РАО, их переработка и отправка на площадки хранения;
- демонтаж, утилизация верхней части корпуса корабля до уровня непроницаемых палуб, находящихся выше ватерлинии, с выгрузкой оборудования, устройств и аппаратуры;
- 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.);
- 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 и с применением кессонов, устанавливаемых в районе линий реза корпуса под водой;
- подготовка блоков корпуса Корабля к постановке в док-камеру ОАО «ЦС “Звёздочка”» (для постановки частей корпуса корабля в док-камеру

необходимо произвести демонтаж надводного борта корпусов до уровня 3-й палубы, обеспечив максимальную ширину корпуса 25 м, необходимую для заводки в док-камеру ОАО «ЦС “Звёздочка”»), постройка частей корпуса корабля в док-камеру, демонтаж и выгрузка оборудования, механизмов, устройств, разрезка корпусных конструкций на крупные секции, разделка на габаритный металлолом на участках.

Затем требуется целый комплекс операций: погружка ТРО, установка буксирного, швартовного и леерного устройств, монтаж переходных площадок, марок углубления, сигнально-отличительных огней, окраска; спуск сформированных ТРО на воду и транспортировка в пункт длительного хранения (ПДХ) в Сайда-губу (Мурманская область), сбор токсичных отходов, образующихся при утилизации Корабля, переработка или хранение на спецплощадке вредных и токсичных отходов.

Отличительная конструктивная особенность надводных кораблей по сравнению с подводными лодками при выполнении утилизации состоит в наличии большого количества конструкций из алюминий-магниевого сплава. Учитывая высокую горючесть этого сплава и большой объём работ по резке этого материала, необходимо разработать мероприятия по организации этих работ.

Еще одна особенность утилизации НК с ЯЭУ класса «Адмирал Ушаков» в отличие от АПЛ — большой объём работ, выполняемых на высоте, что потребует разработки мероприятий по организации их выполнения и обеспечения и соответствующей оснастки.

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

Основная задача обращения с РАО в процессе утилизации: 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 ОАО «ЦС “Звёздочка”» поставленная задача будет решаться путем проведения комплекса специальных мероприятий, который представляет собой последовательность этапов.

1. Обращение с газообразными радиоактивными отходами (ГРО):
 - очистка на фильтрах с целью снизить активность до уровней, регламентируемых установленными НРБ-99/2009 допустимыми выбросами радиоактивных веществ (при необходимости);
 - удаление в атмосферу.
2. 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 ОАО «ЦС “Звёздочка”» будут проводиться согласно технологической схеме, что позволит выполнять следующие условия: количество (объём, масса) и активность (объёмная, удельная) РАО должны быть минимальны; должно обеспечиваться соблюдение требования радиационной безопасности [12]. Виды и количество ТРО, которые будут образовываться при утилизации НК с ЯЭУ и образующихся при утилизации различных проектов АПЛ, представлены в табл. 1.

Обращение с РАО, которые образуются при утилизации Корабля, будет производиться в соответствии со схемами и инструкциями, действующими на ОАО «ЦС “Звёздочка”», с учетом их количественного и качественного состава. РАО подлежат пере-

Таблица 1

Виды и количество твёрдых радиоактивных отходов, образующихся при утилизации НК с ЯЭУ и различных проектов АПЛ, м³ [9]

Наименование твёрдых радиоактивных отходов	Класс корабля				
	АПЛ «Виктор»	АПЛ «Дельта»	АПЛ «Тайфун»	АПЛ «Оскар»	НК с ЯЭУ*
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.

работке на специализированных объектах ОАО «ЦС «Звёздочка»». ТРО после подготовки по требованиям руководящих документов собираются в контейнеры и частично загружаются для длительного хранения в утилизированных АПЛ. Частично отходы хранятся на площадке временного хранения ОАО «ЦС «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. 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 соблюдением требований 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 [10, 12].

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, приведено в табл. 2.

ОАО «ЦС «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 [10].

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 разработать специальные технологические решения и закупить оборудование. В настоящее время идет процесс накопления этих материалов и временное хранение в герметичных емкостях на территории предприятия. Как правило, это смешанные неразделимые материалы, составы или смеси с остатками клеевой основы, лакокрасочных материалов, металлической пыли. С целью исключения загрязнения почвы будут производиться организованный сбор твердых токсичных отходов на специально предусмотренных площадках, упаковка в герметичные контейнеры и последующее размещение на хранение на площадке твердых промышленных отходов.

5. Выводы

Процесс утилизации НК с ЯЭУ, выведенных из состава ВМФ, содержит ряд этапов или состояний НК с

Таблица 2

Ориентировочное количество жидких и твёрдых токсичных промышленных отходов по классам опасности, образующихся при утилизации НК «Адмирал Ушаков», т [9]

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; асбесто-содержащие материалы; смолы; адсорбенты; сухие отвержденные лакокрасочные материалы; прокладочные материалы; ткани)	–	–	360	2 242	2 084
Твердые (люминесцентные лампы), шт.	11 415	–	–	–	–

ЯЭУ, реакторного отсека и реакторной установки, при которых выполнение определенных работ потенциально опасно (с точки зрения ядерной и радиационной безопасности). Поэтому данный процесс на всех этапах требует строгого соблюдения применяемых технологических регламентов, предписываемых организационных мер и соответствующего их контроля.

Содержание и обслуживание выведенных из эксплуатации НК с ЯЭУ и их реакторных установок, а также многие работы в процессе последующей утилизации НК с ЯЭУ не имеют принципиальных отличий от соответствующих состояний АПЛ и работ на них. ОАО «ЦС “Звёздочка”» располагает многолетним опытом содержания и утилизации АПЛ, в том числе по выгрузке ядерного топлива из судовых реакторных установок. Этот опыт убедительно подтверждает высокую надежность решений (в том числе по ядерной и радиационной безопасности, не-

допустимых воздействий на окружающую среду), заложенных в отечественных проектах судовых реакторных установок, а также в применяемых регламентах и технологиях на ОАО «ЦС “Звёздочка”».

Проведение на ОАО «ЦС “Звёздочка”» выгрузки ОЯТ из утилизируемого НК с ЯЭУ не вносит чего-либо принципиально нового или усложняющего в отношении ядерной и радиационной безопасности проводимых работ и радиоэкологического воздействия на окружающую среду по сравнению с процессами выгрузки ОЯТ из реакторов АПЛ.

При утилизации НК с ЯЭУ на всех этапах при штатном проведении работ (в соответствии с проектами, по утвержденным и апробированным технологиям) заметные радиационные воздействия (дозовые нагрузки) на персонал, население и на окружающую среду не превышают величин, регламентируемых действующими требованиями и нормами.

Литература

1. Коваленко В.А., Остроумов М.Н. Справочник по иностранным флотам. — М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1971.
2. Апальков Ю.В. Корабли ВМФ СССР. — Том II, Ч. 1. — СПб.: Галейя Принт, 2003.
3. Кузин В.П., Никольский В.И. Военно-морской флот СССР 1945–1991. — СПб.: Историческое морское общество, 1996.
4. Кузнецов В.М., Назаров А.Г. Радиационное наследие холодной войны: опыт историко-научного исследования. — М.: Ключ-С, 2006.
5. Калистратов Н.Я., Никитин В.С., Макаров В.Г. Утилизация атомных подводных лодок. Ч.1. Современное состояние атомного подводного флота. — СПб.: Судостроение, 2007.
6. Калистратов Н.Я., Никитин В.С., Макаров В.Г. Утилизация атомных подводных лодок. Ч.2. Вывод из эксплуатации и транспортировка атомных подводных лодок / Под общ. ред. В.С. Никитина. — СПб.: Судостроение, 2008.
7. <http://www.mvestnik.ru/shwpgn.asp?pid=2013121648>
8. Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С. Вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии. — М.: Восход-А, 2009.
9. Никитин В.С. Реализация концепции комплексной утилизации АПЛ на предприятиях Северодвинска // Вопросы утилизации АПЛ. 2002. № 2. С. 54–57.
10. Кузнецов В.М., Никитин В.С., Хвостова М.С. Радиоэкология и радиационная безопасность. История, подходы, современное состояние. — М.: Восход-А, 2011.
11. Куликов К.Н., Никитин В.С. Обеспечение экологической безопасности при утилизации АПЛ. Утилизация судов на предприятиях ГРЦАС / Науч.-практ. конф. специалистов и молодых ученых. Северодвинск, 2002.
12. Куликов К.Н., Михеев А.А., Никитин В.С. Компактная переработка РАО на ФГУП МП «Звездочка» / Тез. докл. науч.-техн. конф. «Перспективные технологии строительства и утилизации судов на предприятиях ГРЦАС». — Северодвинск, 2000.

References

1. Kovalenko V.A. Ostroumov M.N. *Spravochnik po inostrannym flotam* [Reference book on foreign fleet]. Moscow, Military publ. 1971. 716 p. (in Russian).
2. Apal'kov Yu.V. *Korabli VMF SSSR* [Ships of the Navy of the USSR]. V. II, Part 1, St. Petersburg, Galeya Print Publ., 2003. 90 p. (in Russian).
3. Kuzin V.P. Nikol'skiy V.I. *Voенно-morskoy flot SSSR 1945–1991* [Navy of the USSR 1945–1991]. St. Petersburg, 1996. 653 p. (in Russian).
4. Kuznetsov V.M., Nazarov A.G. *Radiatsionnoe nasledie kholodnoy voyny: opyt istoriko-nauchnogo issledovaniya* [Radiation heritage of cold war: experience of historical and scientific research]. Moscow, Klyuch-S Publ., 2006. 720 p. (in Russian).
5. Kalistratov N.Ya., Nikitin V.S., Makarov V.G. *Utilizatsiya atomnykh podvodnykh lodok* [Dismantling of nuclear submarines]. Part 1. *Sovremennoe sostoyanie atomnogo podvodnogo flota* [Current state of nuclear underwater fleet]. St. Petersburg, 2007. 126 p. (in Russian).
6. Kalistratov N.Ya., Nikitin V.S., Makarov V.G. *Utilizatsiya atomnykh podvodnykh lodok* [Dismantling of nuclear submarines]. Part 2, St. Petersburg. 2008. 172 p. (in Russian).
7. Available at: <http://www.mvestnik.ru/shwpgn.asp?pid=2013121648>

8. Kuznetsov V.M., Chechenov H.Zh., Nikitin V.S. *Vyvod iz ekspluatatsii ob'ektov ispol'zovaniya atomnoy energii* [Decommissioning of objects of use of atomic energy]. Moscow, Voskhod-A Publ. 2009. 631 p. (in Russian).
9. Nikitin V.S. Implementation of the concept of complex dismantling of a nuclear submarine at the enterprises of Severodvinsk. *Voprosy utilizatsii APL* [Questions of dismantling of a nuclear submarine], 2002, I. 2, pp. 54–57. (in Russian).
10. Kuznetsov V.M., Nikitin V.S., Khvostova M.S. *Radioekologiya i radiatsionnaya bezopasnost'. Istoriya, podkhody, sovremennoe sostoyanie* [Radio ecology and radiation safety. History, approaches, current state]. Moscow, Voskhod-A Publ, 2011. 1208 p. (in Russian).
11. Kulikov K.N., Nikitin V.S. Ensuring ecological safety at dismantling of a nuclear submarine. *Utilizatsiya sudov na predpriyatiyakh GRTsAS* [Dismantling of courts at the GRTsAS enterprises]. Severodvinsk, 2002. (in Russian).
12. Kulikov K.N., Mikheev A.A., Nikitin V.S. Compact processing of radioactive waste on FGUP MP "Zvezdochka". *Perspektivnye tekhnologii stroitel'stva i utilizatsii sudov na predpriyatiyakh GRTsAS* [Perspective technologies of construction and dismantling of courts at the enterprises of GRTsAS]. Severodvinsk, 2000. (in Russian).

Engineering and Ecological Assessment of Nuclear Powered Ships Dismantling

M.S. Khvostova, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Institute of Shipbuilding and Sea Arctic Equipment (Sevmashvtuz), Branch of Northern (Arctic) Federal University of M. V. Lomonosov, Severodvinsk

The article considers basic approaches to dismantling of nuclear-powered guided missile heavy cruisers on the example of the nuclear-powered guided missile heavy cruiser "Admiral Ushakov", as well as conceptual questions of safety during planned dismantling. The major factors that have impact on choosing the strategy of dismantling and on ensuring nuclear, radiation and ecological safety of the personnel, population and environment during dismantling are considered. The conclusion is that maintaining and servicing decommissioned nuclear powered ships and their reactor installations, along with operations in the course of subsequent dismantling of nuclear powered ships have no fundamental differences from the corresponding conditions and operations for nuclear submarines. "Shiprepairing Center "Zvezdochka" JSC has long-term experience of maintaining and dismantling nuclear submarines, including fuel discharge of dozens of marine reactor plants. This experience convincingly confirms high reliability of procedures (including on nuclear and radiation safety and on inadmissible impacts on environment) embedded into domestic projects of marine reactor plants, and acceptability of regulations and technologies applied by "Shiprepairing Center "Zvezdochka" JSC during corresponding operations including such potentially dangerous ones as discharging nuclear reactors and further treatment of the spent nuclear fuel.

Keywords: nuclear-powered guided-missile heavy cruiser, complex dismantling of nuclear powered ships, spent nuclear fuel, radioactive waste, toxic waste.

Х Юбилейная Российская научная конференция

«Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях»

Госкорпорация «Росатом» при поддержке РАН, ИБРАЭ РАН и АО «ГНЦ РФ–ФЭИ» проведет с 22 по 25 сентября 2015 года X научную конференцию «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях».

Целью проведения конференции является оценка прогресса в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности за 2007–2015 гг.

В рамках конференции запланирована работа следующих секций:

1. Теория, методы, программы и результаты расчетов переноса ионизирующих излучений в веществе. Базы данных.
2. Теория, методы, программы и результаты расчетов распространения и миграции радиоактивных веществ в элементах ядерных установок, на промышленной площадке и в окружающей среде.

3. Методы и результаты экспериментальных исследований в области радиационной защиты и радиационной безопасности.
4. Обеспечение безопасности проектируемых, действующих и остановленных радиационно-опасных объектов.
5. Радиационная безопасность при выводе ядерно-технических установок из эксплуатации. Программные средства обоснования безопасности ВЭ ЯРОО.
6. Обращение с радиоактивными отходами и ядерными материалами.
7. Радиационные технологии, радиационная медицина, радиационная экология.

Конференция пройдет в Москве (Президентский зал Президиума РАН, пленарное заседание в 1-й день) и в г. Обнинске (Калужская область.)

Дополнительную информацию можно получить по тел.: (499) 949-26-68, e-mail: RS2015@rosatom.ru (И.И. Линге).