
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТОКСИЧНЫМИ ОТХОДАМИ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ПЛАВУЧЕГО ЭНЕРГБЛОКА

М.С. Хвостова

Экологический центр
Институт истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова РАН
Старопанский пер., 1/5, Москва, Россия, 109012

Представлена аналитическая информация по обращению с токсичными отходами ряда предприятий Северо-Западного региона. На примере положительного опыта утилизации атомных подводных лодок выполнены прогнозные оценки по образованию токсичных отходов при утилизации плавучего энергоблока. Проанализированы источники образования токсичных отходов, их классификация и способы обращения с ними.

Ключевые слова: плавучая атомная электростанция, утилизация, токсичные отходы, химический риск, окружающая среда.

Области Крайнего Севера и приравненные к ним отдаленные районы занимают более 50% территории России. Для жизнеобеспечения населения численностью около 20 млн человек и развития производства на этих территориях требуются постоянно действующие источники электроэнергии и тепла.

В настоящее время ГК «Росатом» реализует проект строительства плавучих атомных станций (ПАЭС) малой мощности на базе плавучего энергоблока (ПЭБ) с реакторными установками типа КЛТ-40С. В соответствии с принятой программой развития энергетики в Российской Федерации на период до 2030 г. планируется создание ПАЭС в районах с децентрализованным энергоснабжением.

Обеспечение экологической безопасности при выводе из эксплуатации (ВЭ) плавучей атомной станции и утилизации ПЭБ должно быть заложено на начальном этапе жизненного цикла ПАЭС.

В статье выполнен анализ ранее проведенных работ по обращению с токсичными отходами при выводе из эксплуатации атомных подводных лодок (АПЛ). Работы по выводу из эксплуатации ПАЭС предлагается осуществлять используя уже имеющуюся инфраструктуру и опыт судостроительных и судоремонтных предприятий г. Северодвинска Архангельской области (ПО «Севмаш» и ОАО «ЦС „Звездочка“»). На этих предприятиях накоплен значительный опыт утилизации АПЛ класса «Виктор II» и АПЛ «Тайфун».

Сравнительные характеристики судов с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ) приведены в табл. 1. Количественные и качественные данные образования отходов при утилизации судов с ЯЭУ представлены в табл. 2 [5; 9].

Опыт вывода из эксплуатации ядерных и радиационно-опасных объектов флота показывает, что этот процесс сопровождается не только образованием большого количества радиоактивных, но и значительного количества токсичных отходов.

Таблица 1

Сравнительные характеристики судов с ядерными энергетическими установками

Характеристика	АПЛ класса «Виктор-II»	АПЛ класса «Тайфун»	НК с ЯЭУ класса «Адмирал Ушаков»	ПАЭС
Длина наибольшая, м	101,8	172,8	250,1	140
Ширина наибольшая, м	10,8	23,3	28,5	30
Осадка, м	7,3	11,5	11,0	5,56
Водоизмещение (надводное/подводное), т	4240/5490	23 200/48 000	24 300	21 000
Число, тип ППУ	2, ОК-300	2, ОК-650	2, КН-3	2, КЛТ-40С
Тепловая мощность реактора	2x72 МВт	2x190 МВт	300 МВт	2x150 МВт
Вывод из эксплуатации	Выполнен	Выполнен	Ведется разработка предпроектной документации	Проект в стадии разработки концепции по ВЭ

Таблица 2

Количественные и качественные данные образования отходов при утилизации судов с ядерными энергетическими установками

Характеристика	АПЛ класса «Виктор II»	АПЛ класса «Тайфун»
Твердые токсичные промышленные отходы	390 894,4 кг	2 221 015 кг
Жидкие токсичные промышленные отходы	7 416,5 кг	44 989 кг
Газообразные токсичные промышленные отходы	нет данных	3 429 кг
ЖРО (без вод спецрабочей); основные радионуклиды: ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{137}Ba , ^{144}Ce , ^{144}Pr	122,8 м ³	475 м ³
ТРО; основные радионуклиды: ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{137}Cs	29 м ³	35 м ³

Опасность токсичных отходов в повседневных условиях производства на предприятиях утилизации по величине химического риска на несколько порядков превосходит радиационный риск [1; 5; 6; 9]. Это связано с тем, что разделку АПЛ производят тепловыми и механическим методами. При этом выделяются вредные химические вещества, состоящие из окислов и ингредиентов обрабатываемых материалов, а также большое количество пыли [2], образуются фрагменты конструкций и различного вида покрытий, которые длительное время хранят на территории заводов.

На подготовительном этапе из кораблей извлекают большое количество всевозможных технологических жидких сред, в результате чего также образуются газообразные, жидкие и твердые отходы.

Газы, аэрозоли и пыль поступают в атмосферу без очистки. Жидкие отходы частично обезвреживают, очищают, сжигают, остальные собирают в емкости. Твердые отходы собирают в контейнеры, размещают на открытых площадках и вывозят на городские полигоны (свалки). Тяжелые частицы металлов, их окислы и другие химические вещества из состава аэрозолей и пыли оседают на территории заводов, а далее с дождевыми и талыми водами поступают на прилегающую часть морской акватории, накапливаются в почве и донных отложениях. На акваторию

поступают также промывные и хозяйственно-бытовые воды, содержащие примеси нефтепродуктов, гидравлической жидкости и пр. Загрязнение территории происходит и в результате длительного хранения в открытом виде на площадках демонтированных конструкций и различных материалов, включающих покрытия, изоляцию и пр.

Практически все жидкие отходы относятся к опасным, подлежат переработке и уничтожению. Проблемными (не перерабатываются и не уничтожаются) для предприятий являются: отдельные смазки, гидравлическая жидкость, хладоны, хромсодержащие водные растворы и пр. Промывочные воды сбрасываются в систему канализационных очистных сооружений после предварительной очистки от нефтепродуктов.

Опасность твердых отходов состоит в том, что многие из них представляют неразделимую массу в виде слоеного пирога: смешанные материалы в виде пластин, кусков, крошки, обрывков, волокон, лент, нитей с остатками клеевой основы и лакокрасочных покрытий, шпатлевок, смол, компаундов и пр., а также цельные пластины, маты, листы. Клеи, компаунды, шпатлевки, лакокрасочные материалы в отходах имеют полимеризованную отвержденную форму. Отходы в виде изоляции на основе пластин (матов) представляют клеевые соединения матов с тканями, заделками стыков и швов мастиками, герметиками и окрашены сверху. Они выполнены на основе стекловолокна и базальтового волокна, каолиновой ваты, асбеста, которые составляют 85—90% от общей массы. Другие отходы содержат резину, соединения ртути (люминесцентные лампы) и пр.

По степени опасности отходы делят на пять классов [7]:

- 1-й класс (чрезвычайно опасные);
- 2-й класс (высокоопасные);
- 3-й класс (умеренно опасные);
- 4-й класс (малоопасные);
- 5-й класс (практически не опасные).

Отходы 1—3-го классов и отдельные виды 4-го класса подлежат переработке и уничтожению; отдельные виды 4—5-го класса вывозят на городские полигоны. Классификация носит многоуровневый характер и выполняется на базе критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды [4], федерального классификационного каталога отходов [10], а при отсутствии данных по отдельным рецептурам — расчетным или экспериментальным способом. Для этих целей используют предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе и воде, учитывают гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха и водоотведения для населенных мест, требования к санитарной охране водных объектов, к поверхностным водам, требования к водоемам рыбохозяйственного назначения и пр.

За предшествующий период утилизации АПЛ на предприятиях Северо-Западного региона образовалось около 120 000 т отходов 1—5-го классов. Из них до 30 000 т было захоронено — вывезено на городские полигоны без компактирования и сортировки, т.е. навалом; около 20 000 т переработано — уничтожено

и использовано на заводах утилизации или передано на другие предприятия для обезвреживания. Около 40 000 т представляют собой пастообразные отходы (карбидный ил — отходы от получения ацетиленов, используемого при резке корпуса АПЛ), который продолжает храниться на необорудованных площадках за пределами предприятий и на их территориях. На предприятиях продолжают накапливаться жидкие отходы 1-го, 3-го классов и твердые отходы 1-го, 3-го, 4-го класса. В результате при существующем подходе обращения с отходами в различных местах региона до конца утилизации АПЛ, надводных кораблей (НК) с ЯЭУ, судов атомно-технического обслуживания (АТО), ледоколов и реабилитации пунктов временного хранения (ПВХ) к 2025 г. будет накоплено около 110 000 т отходов (табл. 3) [3].

Таблица 3

Динамика накопления токсичных отходов при утилизации и реабилитации ядерных и радиационно опасных объектов флота в Северо-Западном регионе с учетом существующих способов обращения с ними

Класс опасности отходов	Количество, т							
	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025
Мурманская область								
Жидкие отходы								
1 класс	—	—	—	—	—	470	760	950
Твердые отходы								
1 класс	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3 класс	570	590	610	610	610	800	1200	1 600
4 класс	1 687	1 793	1 900	2 000	2 050	2 250	3 050	4 000
5 класс	108 000	11 400	12 000	124 000	12 500	15 000	17 000	19 000
Пастообразные отходы								
4 класс	19 600	21 000	22 300	23 000	23 500	25 000	28 500	31 500
ИТОГО	32 700	35 200	37 500	39 000	39 800	46 500	53 600	59 800
Архангельская область								
Жидкие отходы								
1 класс	—	—	52	88	124	600	880	1 100
Твердые отходы								
1 класс	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3 класс	770	1 000	1 300	1 330	1 350	1 500	1 700	2 200
4 класс	1 220	2 200	3 000	3 100	3 200	3 500	3 700	5 500
5 класс	10 600	12 700	14 200	15 000	16 000	18 000	20 000	22 000
Пастообразные отходы								
4 класс	11 200	14 000	15 000	16 500	17 000	18 000	20 000	22 000
ИТОГО	23 800	30 000	33 700	36 300	37 500	42 200	46 300	52 500

Примечание. Отходы 2-го класса опасности передаются владельцу и на завод-изготовитель.

Обращение с каждым видом токсичных отходов носит индивидуальный характер и зависит от их агрегатного состояния, физико-химических свойств, степени опасности для здоровья человека и окружающей среды. Их размещение на территории предприятий осуществляется в соответствии со специальным разрешением и лимитом накопления, устанавливаемых по согласованию с органами экологиче-

ского надзора. Однако в настоящее время существующие площадки промышленных отходов уже не справляются с поступающими объемами [8]. В связи с этим на каждом предприятии организуются новые временные площадки, при создании которых не исключены различного типа нарушения. Часть отходов горюча, что является фактором пожарной опасности. В итоге процедура обращения сводится к следующему: по возможности — сбор, сортировка, хранение или частичная переработка, уничтожение, передача на другие предприятия, вывоз на городские полигоны (табл. 4).

Таблица 4

**Обращение с основными группами токсичных отходов
на предприятиях и объектах региона**

Группа отходов	Обращение	Конечное состояние	Необходимы
Жидкие отходы			
Озонразрушающие вещества	Хранят в емкостях	Использование (50%) Накопление (50%)	Комплекс для уничтожения
Гидравлические жидкости	Хранят в емкостях	Накопление (20%) Использование (30%) Сброс в очистные сооружения (50%)	Комплекс по переработке
Хромсодержащие растворы	Находятся в ЦБЗ АПЛ	Накопление (100%)	Комплекс по переработке
Нефтепродукты	Сжигают легкую фракцию Хранят тяжелую фракцию	Уничтожение легкой фракции (100%) Накопление тяжелой фракции (100%)	Процедура допустима Печи для сжигания отработанных нефтепродуктов
Сточные воды с примесями	Сбрасывают на очистные сооружения	Сброс в канализацию (100%) Сбор, вывоз шламов на свалки (100%)	Процедура допустима
Твердые отходы			
Ртутьсодержащие (люминесцентные лампы)	Передают	Вывоз на специальные предприятия (100%)	Процедура допустима
Резинотехнические	Складируют Вывозят Реализовывают	Использование (30%) Накопление (10%) Вывоз на свалки (30%) Реализация (30%)	Комплекс по переработке
Асбестсодержащие	Вывозят	Вывоз на свалки (100%)	Комплекс по переработке
Корпусная изоляция со смолами	Складируют	Накопление (20%) Вывоз на свалки (80%)	Комплекс для уничтожения
Смешанные отходы	Складируют Вывозят	Накопление (50%) Вывоз на свалки (50%)	Комплекс по переработке
Пастообразные			
Карбидный ил	Хранение	Использование (10%) Накопление (90%)	Комплекс по переработке

Из данных, приведенных в табл. 4, наглядно виден существующий уровень обращения с отходами и вытекающие из этого проблемы: для 80% определяющих групп необходимы комплексы по переработке и уничтожению. Единой инфраструктуры по их утилизации в регионе не существует. Каждое предприятие пытается решать проблему самостоятельно, исходя из своих возможностей, но это

им слабо удастся. В связи с этим на данном этапе деятельность по уменьшению химических рисков должна сводиться к созданию/модернизации инфраструктуры обращения с токсичными отходами с возможностью интеграции и управления потоками образования, сбора, компактирования, переработки, уничтожения на каждом предприятии и в регионе в целом при рациональном использовании имеющихся и планируемых ресурсов на период, соответствующий завершению утилизации и реабилитации.

В связи с отсутствием единого подхода к обращению с токсичными отходами и низкой эффективностью деятельности в данной области, осуществляемой по принципу минимально приемлемого обеспечения безопасности персонала, существует острая необходимость модернизации объектовых и создание региональной инфраструктур с целью гарантированного обеспечения безопасности персонала, населения и окружающей среды.

Формирование такой инфраструктуры предполагает поэтапное развитие отдельных подструктур обращения с отходами на каждом предприятии и крупных объектах, таких как ПВХ, с учетом их специфики и производственных возможностей.

На данный момент все объекты без исключения имеют общие структурные элементы, без которых невозможно обойтись: нужны как минимум площадки, включающие необходимое оборудование для сбора, сортировки, компактирования и временного хранения жидких и твердых отходов в сертифицированных контейнерах, обеспечивающих их транспортировку к ближайшим центрам переработки и уничтожения. Таких сертифицированных контейнеров до настоящего времени нет ни на одном из предприятий и объектов региона. Следующим шагом должно стать наращивание локальных (объектовых) инфраструктур путем создания комплексов переработки и уничтожения отдельных классов токсичных отходов на местах и одновременное строительство областных центров.

Для этого на ОАО «ЦС „Звездочка“» необходимо:

— создать участок по переработке водного раствора хромата/бихромата калия. Для этого изготовить установку необходимой производительности на основе, имеющейся пилотной установки;

— реконструировать площадку временного хранения ТО, на которой разместить установку по сжиганию горючих отходов (инсинератор), установки для компактирования смешанных отходов (пресс) и невозвратной металлической тары (пресс);

— создать участок по переработке резины.

На СРЗ «Нерпа» предлагается создать подобные участки.

На всех предприятиях региона: ОАО «ЦС „Звездочка“», «ПО «Севмаш», «СРЗ «Нерпа» и «10 СРЗ» — необходимо создать участки по переработке пастообразных отходов. Важным для населения и окружающей среды является создание на полигонах в городах Северодвинске, Полярном и Снежногорске комплексов по сортировке и переработке отходов.

В заключение необходимо отметить, что, несмотря на практически завершённые работы по утилизации АПЛ, продолжится утилизация надводных кораблей

с ядерными энергетическими установками, судов АТО, атомных ледоколов, а также реабилитация ПВХ Андреева и Гремиха. Кроме того, ГК «Росатом» запланировано строительство серии ПАЭС, которые также потребуют вывода из эксплуатации. Количество токсичных отходов, которые будут образовываться при утилизации плавучего энергоблока, прогнозируемо и соотносимо с количеством отходов, образованных при утилизации АПЛ класса «Тайфун» и «Виктор-II».

Обращение с токсичными отходами от утилизации АПЛ в предшествующие годы в основном носило накапливающий характер и остается одним из не решенных до конца видов деятельности с неопределенным окончательным состоянием.

Для этого с целью снижения нарастающих экологических рисков в течение ближайших 4—5 лет целесообразно создать оптимальную инфраструктуру обращения с токсичными отходами, позволяющую решить проблему экологически безопасного завершения утилизации и реабилитации радиационно опасных объектов в Северо-Западном регионе России.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Данилян В.А., Высоцкий В.Л., Никитин В.С. и др. Влияние утилизации атомных подводных лодок на экологию государственного центра атомного судостроения России. — М.: ИБРАЭ. Препринт ИВРАЭ — 2001 — 12, 2001.
- [2] Жихарь С.А., Батраков В.Н., Пичко Е.П. и др. Гигиеническая характеристика пылегазовых выбросов, образующихся при газовой резке судового металлолома // Гигиена и санитария. — 1994. — № 2. — С. 11—13.
- [3] Иванов С.А., Кожин М.А. Проблемы обращения с токсичными отходами при утилизации атомных подводных лодок // XXXVIII Ломоносовские чтения в Северодвинске: Сб. докладов. — Северодвинск, 2010. — С. 313—320.
- [4] Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды. Утв. приказом МПР РФ от 15.06.2001 № 511 // Природно-ресурсные ведомости. — 2001. — № 45.
- [5] Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С. Экологическая безопасность объектов использования атомной энергии. — М.: НИПКЦ Восход-А, 2010.
- [6] Никитин В.С. Оценка радиационного и химического рисков утилизации АПЛ «Курск». — СПб.: Судостроение, 2003.
- [7] Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления СП 2.1.7.1386-03 г. — М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003.
- [8] Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Никитин В.С. и др. Стратегические подходы в решении проблемы утилизации выведенного из эксплуатации Российского атомного флота в Северо-Западном регионе. — М.: ИБРАЭ РАН, НИКИЭТ, РНЦ КИ, 2004.
- [9] Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Данилян В.А. Сравнительная оценка опасности воздействия химического и радиационного факторов на персонал и население при утилизации атомных подводных лодок // Атомная энергия. — Т. 95. — Вып. 3. — 2003. — С. 222—238.
- [10] Федеральный классификационный каталог отходов. Утв. приказом МПР РФ от 02.12.2002 № 786 с дополнениями, утв. приказом МПР РФ от 30.07.2003 № 663. Зарегистрировано в Минюсте РФ 09.01.2003 № 4107 // Российская газета. — 2003. — № 12.

ENGINEERING-ECOLOGICAL ASPECTS OF THE MANAGEMENT WITH A TOXIC WASTE AT A DISMANTLING OF A FLOATING NUCLEAR POWER UNIT

M.S. Khvostova

Ecological center

S.I. Vavilov Institute of the History of Natural Sciences and Technology

Russian Academy of Sciences

Staropanski per., 1/5, Moscow, Russia, 109012

The analytical information of the management with a toxic waste of some the enterprises of Northwest region is presented. On an example of positive experience of dismantling of nuclear submarines the look-ahead estimations of a formation of a toxic waste are executed at dismantling of the floating power unit. Sources of formation of a toxic waste, their classification and ways of the management with them are analysed.

Key words: Floating nuclear power plant, decommissioning, toxic waste, chemical risk, environment.