

нителей. Ситуация усугубляется также особыми климатическими и погодными условиями в пос. Гремихе (длительная полярная ночь, шторм, сильные ветры), когда работы на открытом воздухе возможны лишь в течение нескольких летних месяцев. Следует также особо учитывать, что любые действия с контейнерами с отработавшим топливом, заполненными водой, придется рассматривать как потенциально опасные с точки зрения требований ядерной и радиационной безопасности.

Изложенные первоочередные мероприятия и меры были разработаны специалистами ИБРАЭ, НИКИЭТа и РНЦ «Курчатовский институт» и содержатся в материалах Стратегического плана утилизации атомного флота, выполненного в 2004 г. В настоящее время оформлены решения и контракты с некоторыми странами по финансированию необходимых работ. Для скорейшего развертывания и выполнения работ им следует придать статус приоритетных, организовать и наладить их четкое проведение и выделять необходимые финансовые и материальные ресурсы.

После вывоза отработавшего топлива и твердых радиоактивных отходов должны быть разработаны проекты реабилитации территории, акватории и сооружений береговой базы, увязанные с ее будущим предназначением и учетом радиэкологической обстановки.

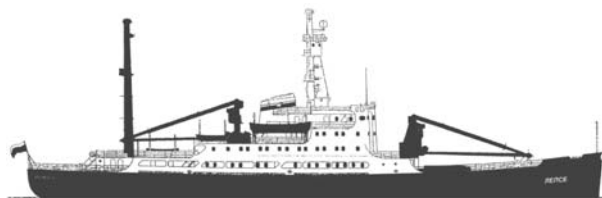
УДК 621.039.58

УТИЛИЗАЦИЯ ПЛАВУЧЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ «ЛЕПСЕ»

Баринов В.Н., Маркаров В.Г. (ИБРАЭ), Кашка М.М. (Мурманское морское пароходство), Макаров В.И., Пологих Б.Г., Хлопкин Н.С. (РНЦ «Курчатовский ин-т»), Фрейман Р.Ю. (ЦКБ «Айсберг»)

Плавучая техническая база «Лепсе» (рис. 1) считается одним из наиболее ядерно и радиационно опасных объектов на северо-западе страны. Радиационный потенциал судна, обусловленный продуктами деления в находящемся на его борту отработавшем ядерном топливе, оценивается 20 ПБк. Активность, в основном, определяется ^{90}Sr , ^{137}Cs . Кроме того, в отработавшем ядерном топливе содержатся ^{244}Pu и ^{241}Am .

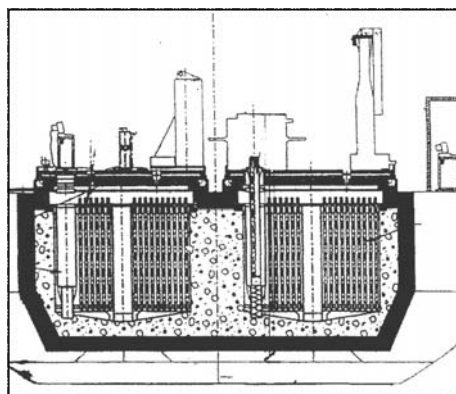
Плавучую техническую базу «Лепсе» строили как сухогрузный теплоход в 1934—1937 гг. на Николаевском и Херсонском судостроительных заводах. Водоизмещение судна 5600 т, длина 82,9, ширина 17,1 м. В 1941 г. недостроенное судно было затоплено, в 1945 г. поднято на поверхность. В 1958—1961 гг. на Адмиралтейском заводе в Ленинграде теплоход был переоборудован в плавучую техническую базу для операций по перезарядке ядерного топлива на первом атомном ледоколе «Ленин». Позже ее адаптировали для работ по перезарядке топлива новой реакторной установки ледокола «Ленин», а также установок ледоколов «Арктика» и «Сибирь». С 1981 г. она не участвует в работах по перезарядке реакторов, фактически являясь плавучим



Р и с. 1. Плавучая техническая база «Лепсе»

хранилищем отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов. В 1990 г. ее перевели в категорию стоечных судов с сохранением в рабочем состоянии главного двигателя. В 1999 г. было проведено докование плавтехбазы, выполнены работы по герметизации корпуса с расчетом на 10-летнее пребывание на плаву. Она находится в Кольском заливе у причала ФГУП «Атомфлот», вплотную примыкающего к Мурманску.

Основным источником ядерной и радиационной опасности «Лепсе» является хранилище отработавшего топлива, которое состоит из двух цилиндрических баков диаметром 3580, высотой 3440 мм с коническим дном, изготовленных из стали толщиной 10 мм (рис. 2). Каждый бак рассчитан на хранение в изолированных пеналах 366 ТВС. Сейчас в пеналах обоих баков находится 621 ТВС.



Р и с. 2. Хранилище отработавшего ядерного топлива плавучей технической базы «Лепсе»

На периферии каждого бака хранилища расположены по четыре кессона, первоначально предназначавшиеся для хранения наполнителей ионообменных фильтров. Высота кессонов 3060 мм, внутренний диаметр 485 мм, диаметр нижней части 290 мм. В кессонах размещены 18 дефектных ТВС с увеличенными геометрическими размерами, не позволившими их загрузить в стандартные пеналы.

При нормальной эксплуатации пеналы и кессоны снаружи и внутри охлаждаются водой. Для уменьшения коррозии ТВС в настоящее время в связи с уменьшением остаточного энерговыделения приняты конструктивно-технологические меры к осушению пеналов и кессонов. Тем не менее проверка показала, что многие ТВС в пеналах имеют значительные повреждения и изменения геометрических характеристик. Часть ТВС может быть извлечена из пеналов без чрезмерных усилий. Это было показано в ходе пробной выгрузки в марте 1997 г. Из кессона № 1 левого бака были выгружены две ТВС, находившиеся в хранилище с 1981 г. Еще две выгрузить не удалось. После выполнения этих работ было обнаружено радиоактивное загрязнение отдельных участков палуб и производственных помещений плавучей базы «Имандра», в хранилище которой загружали извлеченные ТВС, и пришвартованного к ней ледокола «Россия». Плотность радиоактивного загрязнения составляла на различных участках от 100 до 2000 см⁻²·мин⁻¹.

Ядерная безопасность хранилища отработавшего топлива обеспечивается конструктивными элементами, исключающими аварию, т.е. возможность возникновения в его объеме самопроизвольной цепной реакции. Согласно требованиям нормативных документов эффективный коэффициент размножения нейтронов $k_{эф}$ в хранилище не должен превышать 0,95 при таком количестве и распределении замедлителя нейтронов (в рассматриваемом случае воды), при котором достигается максимальное значение $k_{эф}$. Это значит, что должна обеспечиваться требуемая подкритичность при всех возможных конфигурациях размножающих систем, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации или аварийных ситуациях. Таким образом, для расчетного обоснования ядерной безопасности объекта необходимо знать нейтронно-физические параметры, относящиеся к разным состояниям объекта.

Расчеты показали, что необходимая степень подкритичности обеспечивается во всех ситуациях, которые могут возникнуть при тех или иных действиях на «Лепсе». Положение, при котором межпенальное пространство в баках хранилища заполнено водой, а пеналы осушены, характеризуется эффективным коэффициентом размножения нейтронов $k_{эф} \approx 0,1—0,5$. В аварийных ситуациях максимально возможные значения $k_{эф}$ реализуются при заполнении водой обоих баков хранилища. Для правого бака это максимальное значение не превышает 0,85, для левого $\approx 0,5$, что значительно ниже допустимого $k_{эф} = 0,95$. Необходимо отметить, что остались вне рассмотрения такие аварии с судном, в результате которых происходит механическое разрушение конструкций и, как следствие, нарушаются геометрические параметры размножающей системы. Такая ситуация крайне маловероятна, так как межбаковое пространство заполнено бетоном.

Наиболее серьезная возможная радиационная опасность «Лепсе» связана с затоплением в месте постоянного базирования. Подобная авария может привести к разрушению защитных барьеров и, как следствие, утечке радионуклидов из хранилища. Оценки показывают, что концентрация радионуклидов в районе затопления судна может привести к облучению гидробионтов дозой летального уровня.

Со времени прекращения эксплуатации «Лепсе» идет поиск решений по комплексному обращению с этим судном. Основное внимание уделяется безопасной технологии и эффективным средствам защиты на всех стадиях снятия с эксплуатации. При нормальных условиях в процессе снятия с эксплуатации атомного судна или судна атомно-технологического обслуживания обычно выделяют три этапа. Первый соответствует полному удалению отработавшего топлива и радиоактивных отходов. На этом этапе загрязненные материалы и оборудование выгружают или изолируют. В помещениях судна и за его пределами контролируют радиоактивные загрязнения и излучение. Второй этап преследует цель локализации загрязненного оборудования, механизмов и помещений. Все легкодемонтируемое оборудование подлежит разборке, дезактивации и удалению. На третьем этапе судно превращается в радиационную упаковку.

Однако «Лепсе» является аномальным случаем, обусловленным наличием на ее борту большого числа дефектных ТВС. В зависимости от обращения с ними есть два принципиально различающихся варианта решения проблемы — один предполагает утилизацию плавтехбазы без выгрузки ТВС из хранилища, второй — предварительное удаление отработавшего ядерного топлива, что все же является более предпочтительным.

Комплексное решение разрабатывается как российскими организациями, так и в рамках международного сотрудничества. Как отмечено, длительное хранение ТВС в воде привело к нарушению их геометрии, коррозионному повреждению оболочек твэлов, а в некоторых случаях и к их разрушению. Поэтому большинство ТВС из хранилища должно удаляться вместе с пеналами, в которых они находятся. Поскольку пеналы являются конструктивным элементом хранилища, их выемке должна предшествовать резка верхнего сварного шва. Наиболее узкими местами являются обращение с ТВС, находящимися в кессонах, и дальнейшая судьба извлеченных ТВС. В кессонах находятся 19 ТВС, 10 из них в кессоне № 3 правого бака. Именно этот кессон при наличии в нем воды представляет наибольшую угрозу от всей размножающей нейтроны системы правого бака. Наиболее рациональным

представляется удаление ТВС вместе с кессонами, в которых они находятся, возможно, после их заполнения твердеющей смесью. Однако нижние части кессонов находятся в бетоне, что вызовет дополнительные трудности при извлечении. Дальнейшее обращение с кессонами также представляет сложную проблему.

Выгруженные из баков хранилища пены с ТВС должны быть помещены в стандартные чехлы и перевезены для переработки в ПО «Маяк» либо в контейнеры для долговременного хранения на территории, например, ФГУП «Атомфлот». Вторым вариантом представляется более реальным, хотя и откладывает окончательное решение проблемы. Вариант с переработкой потребует трудоемких работ по модернизации оборудования в ПО «Маяк», что, однако, одновременно решает проблему обращения с дефектным топливом других хранилищ в губе Андреева и пос. Гремие.

Утилизация «Лепсе» с выгрузкой топлива может осуществляться по двум альтернативным схемам обращения с ним. Первая предполагает начать процесс с выгрузки топлива из хранилищ, после чего судно разделяется на блоки и утилизируется. Вторая схема предполагает вначале разделку судна на блоки, транспортировку отсека с хранилищем отработавшего топлива на берег, затем выгрузку ТВС из хранилища. Эта схема имеет преимущество, поскольку в короткое время ликвидируется опасный плавучий объект, а отработавшее топливо выгружается на берег.

Выгрузка ТВС осложняется радиационной обстановкой в помещении хранилища. Мощность дозы γ -излучения над левым баком хранилища составляет 0,5—2 мЗв/ч, над правым — 0,3—3 Зв/ч. В случае открытия защитной пробки над пеналом с ТВС для его извлечения мощность дозы в помещении достигнет 20—50 мЗв/ч. Эти данные характеризуют радиационную обстановку, в которой будет неизбежным кратковременное пребывание персонала. Для вырезки пеналов с ТВС должно быть использовано дистанционно управляемое оборудование. При этом необходимо учесть положительный опыт ЗАО «Экоатом» по выгрузке отработавшего топлива на Тихоокеанском флоте из аналогичных хранилищ плавучих баз ПМ-32, 80. Радиационная нагрузка на персонал при удалении одного пенала с ТВС на них оценивается 1 мЗв·чел.

Для последующего обращения с ТВС важным является обследование состояния пеналов, сформированного хранением ТВС десятки лет в контакте с водой и влажным воздухом при наличии хлорид-ионов.

В соответствии с одним из проектов утилизации «Лепсе» транспортируют буксирами на завод «Нерпа», на стапеле которого демонтируют надстройку и разделяют на блоки. Надстройку и блок с машинно-котельным отделением после дезактивации утилизируют на месте, из кормового блока, загрязненного радиоактивными продуктами, и носового, содержащего хранилище отработавшего топлива, сформируют отсеки для транспортировки к пункту временного хранения в губе Сайде. Хранение отсеков предполагают осуществить на специальной береговой площадке. После подготовки на заводе «Нерпа» соответствующей инфраструктуры для выгрузки ТВС отсек с хранилищем отработавшего топлива планируют вернуть на это предприятие. Выгрузку пеналов намечают проводить в стандартные чехлы, используемые для хранения и транспортировки отработавшего топлива, чехлы предполагают разместить в хранилище плавучей базы «Лотта», которую вместе с раз-

гружаемым отсеком можно будет установить на стапеле завода «Нерпа». Таким образом, все операции будут выполнены в береговых условиях.

С 1994 г. предпринимаются попытки решить проблему утилизации «Лепсе» на основе международного сотрудничества, однако до сих пор такого рода сотрудничество не привело к положительным результатам. Среди причин такого положения не последнее место занимают юридические вопросы. Так, в течение продолжительного времени существенным препятствием к началу эффективной деятельности являлось отсутствие в нашей стране государственной системы ответственности за ядерный ущерб. Венская конвенция 1963 г. о гражданской ответственности за ядерный ущерб была ратифицирована только в марте 2005 г.

В целях интенсификации работ в последнее время создан консорциум ведущих российских научно-исследовательских и конструкторских организаций, который совместно с эксплуатирующей организацией сможет при наличии финансирования выполнить проектные работы по комплексной утилизации судна в полном соответствии с законодательством и нормативными требованиями Ростехнадзора.

УДК 504.054

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Богатов С.А., Высоцкий В.Л.,
Гаврилов С.Л., Киселев В.П., Саркисов А.А. (ИБРАЭ),
Амозова Л.П., Рузанкин А.Д. (Администрация Мурманской области),
Пантелеев В.Н., Хандобин В.А. (ФГУП «СевРАО»)*

С 1 января 2005 г. вступили в действие положения закона, разработанного для реализации административной реформы. В частности, в соответствии с изменениями в законе «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций федерального характера относится к полномочиям Правительства РФ, межмуниципального и регионального — органов государственной власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления.

Изменения в законодательстве заставляют по-новому рассмотреть ситуацию с аварийным реагированием и радиационным мониторингом в связи с расширением полномочий и информирования территориальных органов власти. Ранее вопросы аварийного реагирования при радиационных авариях были компетенцией исключительно Министерства по атомной энергии или федеральных органов исполнительной власти. В новой ситуации территориальные органы исполнительной власти должны в значительной степени полагаться на свои собственные силы.

Статья посвящена структуре территориальной системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Мурманской области, однако некоторые общие требования и решения могут быть распространены на любую другую территориальную систему.

Цели создания территориальной системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования. Основным назначением территориальной системы радиационного мониторинга является контроль обстановки, а также информационная