

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ЖИДКИМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТА "УКРЫТИЕ"

В. Г. Батий, А. П. Криницын, В. М. Рудько, А. И. Стоянов, А. В. Щулепникова

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

Проведен обзор образующихся жидких радиоактивных отходов (ЖРО) при реализации планируемых стабилизационных мероприятий в зависимости от мест образования и зон производства работ. Представлены оптимальные транспортно-технологические схемы обращения с ЖРО, в которых максимально использованы элементы существующей на объекте "Укрытие" и ЧАЭС системы обращения с ЖРО, а также возможно использование проектируемых и строящихся объектов по обращению с РАО.

Введение

Деятельность, связанная с объектом "Укрытие", в частности стабилизация строительных конструкций объекта "Укрытие", предполагает образование и накопление различных видов радиоактивных отходов (РАО). Одним из возможных источников воздействий на окружающую природную среду в процессе стабилизации, являются образуемые ЖРО.

Для решения задачи безопасного обращения с РАО, которые будут образованы при проведении стабилизационных мероприятий, необходимо определение характеристик отходов, что позволит оценить объемы РАО различных категорий и обеспечит выбор оптимального варианта обращения с ними.

Для обращения с ЖРО, образующихся при дезактивации, планируется использовать штатную систему ЧАЭС, поэтому ключевым вопросом является организация их оперативного контроля с целью непревышения уровней приемки в эту систему. При этом необходимо провести анализ и оценку потенциально негативных последствий воздействия на окружающую среду, которые возможны при планируемом обращении с ЖРО в процессе работ по стабилизации строительных конструкций объекта "Укрытие".

Характеристика ЖРО, образующихся в процессе реализации стабилизационных мероприятий

ЖРО, образующиеся при реализации стабилизационных мероприятий, будут относиться к вторичным РАО. Эти отходы будут образованы при санобработке персонала, участвующего в выполнении работ на объекте "Укрытие", при дезактивации дополнительных средств индивидуальной защиты (СИЗ), оборудования, механизмов, строительной техники, оборотных контейнеров (при необходимости), спецавтотранспорта, используемого для транспортирования РАО

Предполагаемые объемы ЖРО при выполнении запланированных стабилизационных мероприятий представлены на рис. 1.

Прогнозируется образование, в основном, низкоактивных ЖРО (до $3,7 \cdot 10^5$ Бк/л по удельной активности). Однако не исключается образование незначительного количества среднеактивных ЖРО (от $3,7 \cdot 10^5$ до $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л) при проведении работ на участке дезактивации малогабаритного оборудования внутри объекта "Укрытие". Общий объем ЖРО ориентировочно составит около 4 тыс. м³.

© В. Г. Батий, А. П. Криницын, В. М. Рудько, А. И. Стоянов, А. В. Щулепникова, 2004



Рис. 1. Объемы образуемых ЖРО.

Основной объем жидких отходов составляют обмывочные воды санпропускника, образующиеся при санитарной обработке персонала (около 3350 м³). Образующиеся ЖРО представляет собой негорючие, малосолевые (содержание солей до 5 г/л) растворы неорганических веществ и моющих средств (поверхностно-активные вещества - ПАВ) в воде.

Основным источником радиоактивного загрязнения строительной техники и оборудования в локальной зоне является верхний слой техногенного грунта, радионуклидный состав которого определяется мелкодисперсными топливными частицами и осажденными радиоактивными аэрозолями. Поэтому радионуклидный состав грунта практически не отличается от среднетопливного состава 4-го блока [1]. В процессе дезактивации загрязненных поверхностей в отработанный раствор будут частично переходить не только ионные формы легкорастворимых радионуклидов (¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr), но и коллоидные формы этих и других труднорастворимых нуклидов (плутония и америция). То есть соотношение радионуклидов в образующихся при дезактивации жидких отходах будет соответствовать среднетопливному составу.

Согласно [2] жидкие отходы классифицируются как ЖРО, если содержание смеси радионуклидов таково, что сумма соотношения удельной активности отдельного радионуклида A_i к его допустимой концентрации PC_{Bi}^{ingest} превышает единицу. Это можно записать в виде

$$\sum_i \frac{A_i}{PC_{Bi}^{ingest}} = 1. \quad (1)$$

Исходя из этого выражения и среднетопливного радионуклидного состава, характерного для 4-го блока [1], PC_B^{ingest} для смеси радионуклидов составит 16,5 Бк/л (16,5 кБк/м³). На основании этого значения PC_B^{ingest} были рассчитаны контрольные концентрации для каждого радионуклида смеси (таблица).

Контрольные концентрации отдельных радионуклидов в отработанных дезактивирующих растворах

Параметр	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Pu	$^{238+239+240}\text{Pu}$	^{241}Am
Контрольная концентрация (КК _в) нуклида, Бк/л	7	6	3	0,15	0,14
Допустимая концентрация (РС _в ^{ingest}), Бк/л	100	10	80	1	1
Отношение КК _в / РС _в ^{ingest}	0,07	0,6	0,04	0,15	0,14
Сумма отношений КК _в / РС _в ^{ingest}	1,0				

Анализ полученных значений показал, что критерий отнесения отработанных дезактивирующих растворов к категории ЖРО лимитируется удельной активностью ^{90}Sr (КК_в/ РС_в^{ingest} = 0,6). Однако так как соотношение радионуклидов в топливе и, следовательно, в образующихся жидких отходах практически постоянное, то для классификации можно использовать контрольную концентрацию любого указанного в таблице (рис. 2) радионуклида.

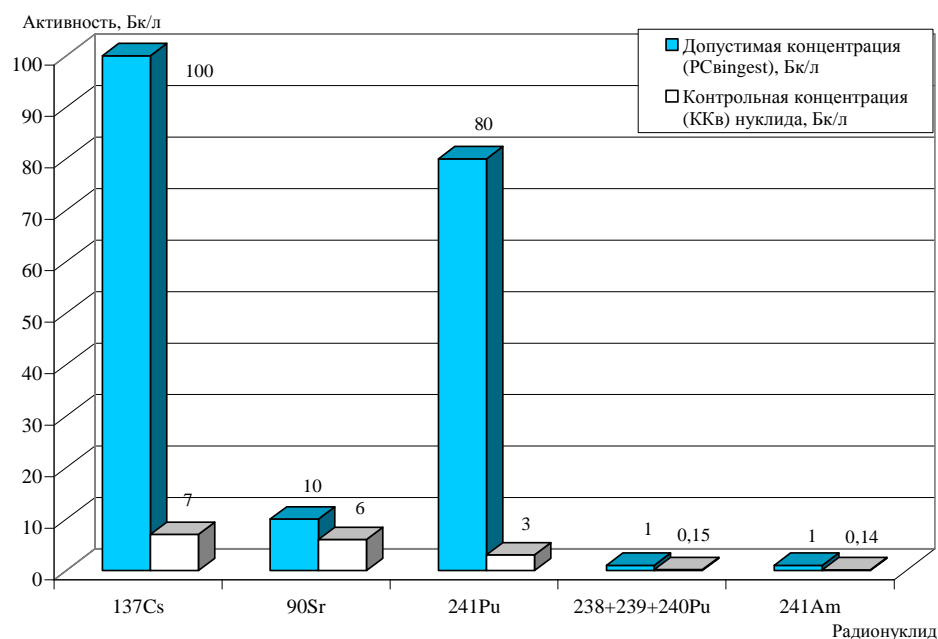


Рис. 2. Контрольные концентрации отдельных радионуклидов в отработанных дезактивирующих растворах.

Таким образом, для классификации жидких отходов как ЖРО достаточно определить удельную активность одного из указанных выше радионуклидов. Наиболее оперативным, точным и надежным в данном случае является гамма-спектрометрический метод определения удельной активности ^{137}Cs .

Характеристика участков сбора РАО

Количество, вид и характеристики РАО, образующихся при реализации стабилизационных мероприятий, будут зависеть от рода работ и участков, на которых они образуются.

ЖРО будут относиться к вторичным отходам и образовываться на участках дезактивации и санитарной обработки (рис. 3).

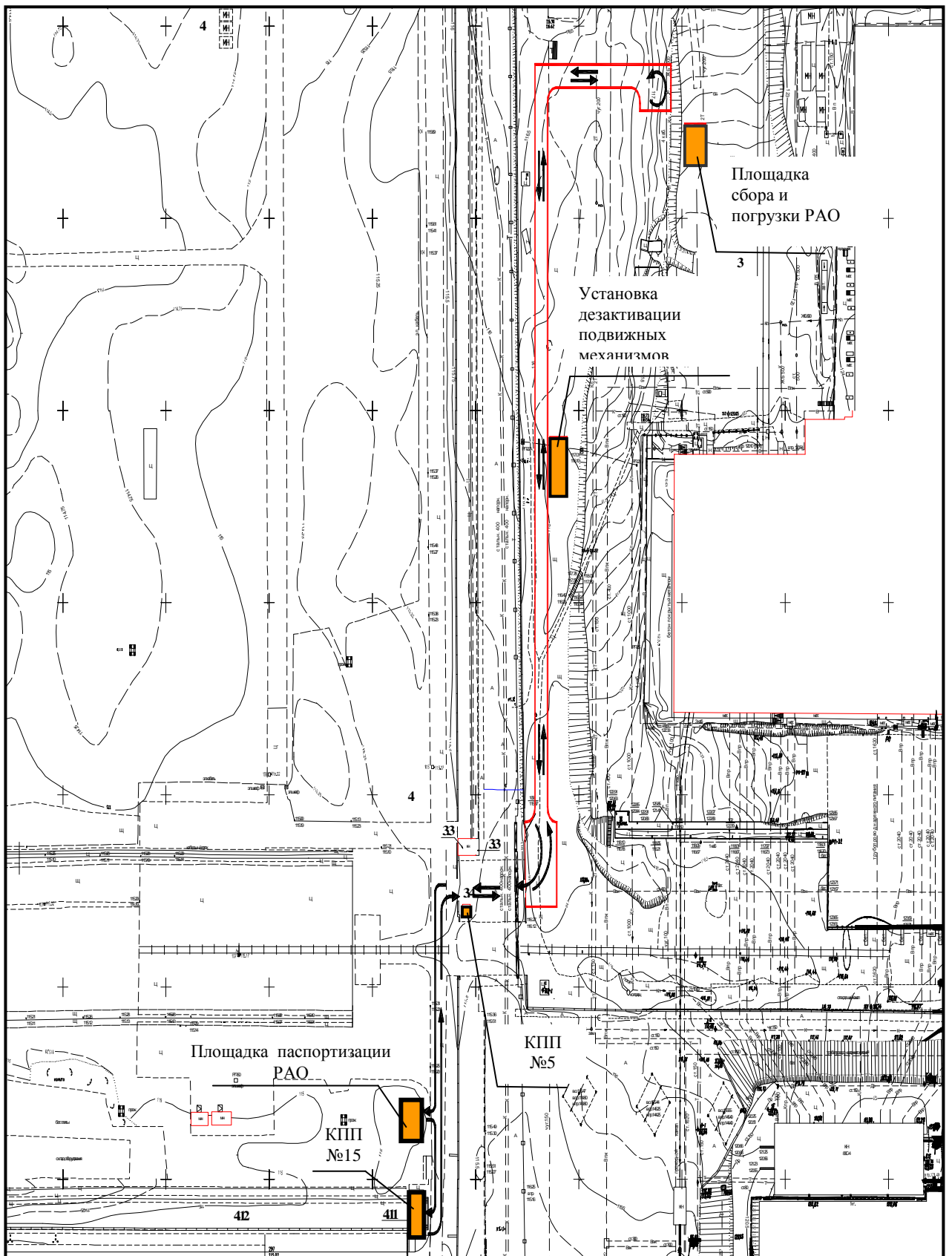


Рис. 3. Схема расположения площадки сбора и погрузки РАО.

Дезактивация мелкого строительного инвентаря и оборудования будет производиться на участке дезактивации оборудования и инструмента, который будет располагаться в помещении деаэрационной этажерки (ДЭ) на отметке 10.000.

Деактивация автотранспортной и строительной техники, загрязненных при производстве работ, будет осуществляться с использованием мобильной установки, которая монтируется вблизи строительной площадки.

Санитарная обработка персонала, принимающего участие в реализации стабилизационных мероприятий, производится в санпропускнике, расположенном в АБК-3, и новом санпропускнике, первая очередь которого войдет в строй к началу работ по стабилизации.

Обращение с ЖРО

Образующиеся при деактивации оборудования, транспортных средств, средств индивидуальной защиты (СИЗ), а также при санитарной обработке персонала жидкие отходы будут собираться и перерабатываться согласно существующей схеме обращения с этими отходами на объекте "Укрытие", не допускающей неорганизованных сбросов в окружающую среду.

На рис. 4 представлена разработанная общая схема обращения с жидкими РАО при проведении работ по стабилизации.



Рис. 4. Общая схема обращения с ЖРО, образующимися при стабилизации.

Обращение с низкоактивными жидкими отходами. Жидкие низкоактивные отходы будут образованы:

в процессе работы мобильной установки деактивации строительной техники, спецавтотранспорта, контейнеров для РАО и другого оборудования; на участке деактивации малогабаритного оборудования, создание которого планируется в помещениях объекта "Укрытие".

Принципиальная схема обращения с жидкими низкоактивными отходами включает следующие основные этапы:

**сбор отработанного раствора в специальную емкость;
отбор проб и оперативный контроль удельной активности отработанного раствора с
паспортизацией отходов;
откачка ЖРО в автоцистерну;
транспортировка и передача отходов в химцех ЧАЭС;
переработка ЖРО по штатной технологии утилизации ЖРО ЧАЭС.**

Работы по обращению с низкоактивными ЖРО выполняются в соответствии с [3, 4].

Удаление жидких отходов будет производиться по результатам контроля удельной активности ^{137}Cs либо через штатную систему сбора и удаления ЖРО объекта "Укрытие", либо путем откачки в систему хозяйственной канализации.

Мобильная установка. После заполнения емкости (поддона) для сбора отработанного дезактивирующего раствора, осуществляется отбор пробы и оперативный контроль уровня загрязнения образовавшихся отходов. Если удельная активность отходов не превышает контрольной концентрации (7 Бк/л по изотопу ^{137}Cs), тогда организовывается откачка отработанного раствора в автоцистерну и его удаление в хозяйственную канализацию. Если результаты контроля покажут, что удельная активность отходов превышает контрольный уровень, то их удаление производится по схеме резервного режима откачки ЖРО согласно принятой схеме обращения с низкоактивными ЖРО [3].

Удаление низкоактивных отходов на участке дезактивации производится путем слива загрязненного раствора в трапы штатной системы сбора и удаления ЖРО объекта "Укрытие". Перед сливом в спецканализацию необходимо выполнять контроль удельной активности ЖРО.

Все работы по обращению с низкоактивными ЖРО выполняются в соответствии с инструкциями [3, 4].

Обращение с жидкими отходами санпропускника. Опыт эксплуатации санпропускника АБК-3, показал, что удельная активность душевых сбросов, которые составляют большую часть потенциальных ЖРО, не превышает контрольного уровня (37 Бк/л), установленного КУРБ-ОУ-2002 [5].

Воды санпропускника АБК-3 собираются в емкости сбора и после контроля загрязненности передаются на ЧАЭС для переработки (для удельной активности $>1,0 \cdot 10^{-9}$ Ки/л) или сливаются в хозяйственную канализацию ЧАЭС (для удельной активности $<1,0 \cdot 10^{-9}$ Ки/л) с последующим сбросом в технологические водоемы, в соответствии с действующими нормативными документами [5].

Обращение со среднеактивными жидкими отходами. Образование среднеактивных ЖРО при выполнении стабилизационных мероприятий возможно только при возникновении аварийной ситуации. Обращение с данной категорией жидких отходов должно выполняться по резервному режиму откачки ЖРО, который регламентируется [3].

Система сбора и удаления ЖРО. Для обращения с низкоактивными ЖРО на объекте "Укрытие" существует система их сбора и удаления, которая была введена в эксплуатацию после аварии. Порядок обслуживания этой системы при нормальной эксплуатации и аварийных режимах регламентируется инструкцией [3]. Система предназначена для накопления и передачи в химический цех ЧАЭС низкоактивных жидких отходов, образующихся при текущей эксплуатации объекта "Укрытие".

Аварийный режим откачки ЖРО из емкостей сбора в автоцистерну используется при выходе из строя насосов, трубопроводов и арматуры, предназначенных для передачи ЖРО в ХЖТО, а также в случае, если объемная активность ЖРО в заполненной емкости превысит величину $1,0 \cdot 10^{-5}$ Ки/л по сумме бета-излучателей. Откачка ЖРО с объемной активностью выше $1,0 \cdot 10^{-5}$ Ки/л производится по согласованию с руководством цеха эксплуатации объекта "Укрытие" (нового безопасного конфайнмента) и химцеха ЧАЭС по утвержденной программе [3].

Существующая система сбора и удаления низкоактивных ЖРО будет использована для обращения с жидкими отходами, которые будут образовываться в процессе реализации стабилизационных мероприятий. В случае образования среднеактивных ЖРО или превышения допустимого уровня содержания трансурановых элементов (ТУЭ) (альфа-излучателей), удаление жидких отходов будет производиться по аварийному режиму [3].

Увеличение объемов душевых стоков и низкоактивных ЖРО на 20 - 30 % в процессе выполнения стабилизационных мероприятий не создаст никаких проблем при их удалении, так как существующее технологическое оборудование системы откачки душевых стоков (насосы, трубопроводы) и штатная система утилизации ЖРО ЧАЭС имеет достаточно большой резерв по производительности.

Системы сбора и удаления ливневых стоков. Атмосферные осадки, стекая по загрязненной поверхности наружных конструкций объекта "Укрытие", являются потенциальным источником образования низкоактивных ЖРО, часть которых, возможно, поступает в окружающую среду. Оперативный контроль загрязнения ливневых стоков (в режиме контроля неорганизованных выбросов) не производится, несмотря на то, что по данным гидрогеологического мониторинга [6] концентрация ^{137}Cs в ливневых стоках изменяется в широких пределах (от нескольких десятков до нескольких тысяч Бк/л) в зависимости от точки отбора, метеоусловий и сезонного фактора. Информация об уровнях загрязнения ливневых стоков ^{90}Sr и ТУЭ очень ограничена.

При выполнении стабилизационных мероприятий, в результате демонтажа "грязных" конструкций, переноса радионуклидов при движении персонала из "грязных" в относительно чистые зоны и других факторов возможно некоторое увеличение поверхностного загрязнения наружных конструкций объекта "Укрытие", что может привести к возрастанию уровня загрязнения ливневых стоков. Однако это не приведет к превышению действующих в настоящее время контрольных уровней и концентраций [5].

В настоящее время проблема сбора и удаления ливневых стоков частично решена для западной и южной сторон машинного зала путем отвода стоков с крыши по лотку в сохранившийся в юго-западной части локальной зоны колодец штатной системы сбора дренажных вод. С северной стороны объекта "Укрытие" система сбора и удаления ливневых стоков отсутствует, несмотря на то, что в этой зоне наблюдаются максимальные уровни загрязнения ливневых стоков [6, 7].

Проектируемые и строящиеся объекты по обращению с РАО

В настоящее время разрабатываются и создаются следующие объекты по обращению с РАО.

Мобильная установка по очистке от ТУЭ. В настоящее время проводится опытно-промышленная эксплуатация разработанной по договору с МНТЦ "Укрытие" мобильной установки по сбору и очистке (в том числе от ТУЭ) ЖРО в помещениях объекта "Укрытие". Установка рассчитана на сбор мелких скоплений жидких сред, вплоть до жидких илов. В состав проекта входит оборудование для обезвоживания и отверждения отходов процесса - шламов.

Данная мобильная установка может быть использована при реализации стабилизационных мероприятий, для очистки от ТУЭ в случае содержания выше допустимого уровня.

Установка по очистке вод объекта "Укрытие" от масел. Установка очистки вод от масла предназначена для очистки низкоактивных вод объекта "Укрытие", поступивших в емкости Х06/1 и Х06/2 здания ХЖТО, от масла. Производительность установки 25 м³/ч. Годовая производительность 50 тыс. м³ при работе в одну смену. Схема очистки вод объекта "Укрытие" предполагает получение очищенной воды, удовлетворяющей требованиям приема вод на упаривание на установке СВО-4 ЧАЭС.

В результате работы установки образуются масляная эмульсия, шлам и очищенная вода. При содержании масла в очищаемой воде до 10 мг/л его количество составит 140 л/год. Масло затаривается в бочки емкостью 200 л и временно хранится в помещении очистки. Безопасное количество временно хранимых бочек в помещении - 10 шт., т.е. работа установки без решения вопроса дальнейшего обращения с бочками с маслом возможна в течение 1,5 лет.

При реализации стабилизационных мероприятий не исключена необходимость использования этой установки для очистки ЖРО, образующихся при дезактивации автотранспорта, строительной и буровой техники.

Радиохимическая лаборатория объекта "Укрытие". В рамках ПОМ задачи 14 пакета "В" проектируется радиохимическая лаборатория для выполнения анализов ЖРО и ТРО объекта "Укрытие".

При реализации стабилизационных мероприятий радиохимическая лаборатория необходима для проведения анализов проб образуемых ЖРО. Не исключена необходимость анализа "мазков" для определения поверхностного загрязнения крупногабаритных РАО.

Система спецканализации ДЭ. Система сбора и откачки трапных вод ДЭ входит в состав проектируемого саншлюза на отметке 5.800 ДЭ. Предназначена для сбора вод от дезактивации СИЗ, пневмокостюмов, помещений и оборудования деаэрационной этажерки и обеспечивает прием 62 м³/сут или 10000 м³/год вод. Спроектирована также канализационная насосная бытовых стоков.

При реализации стабилизационных мероприятий данная система будет использована в случае ввода в эксплуатацию саншлюзов на отметке 5.800 и 10.000.

Влияния аварий на участках обращения с ЖРО

Объемы образуемых ЖРО, при выполнении стабилизационных мероприятий, не повлияют на качество работы задействованных систем удаления и сбора ЖРО.

Вероятность аварии спецавтотранспорта при транспортировке низкоактивных отходов следующая: возможность такого события не исключается, но за время производства работ оно не ожидается, частота события находится в пределах от $2 \cdot 10^{-4}$ до 10^{-2} , максимальная индивидуальная доза потенциального облучения составит 6,5 мЗв. Проведенные расчеты показывают, что категория последствий согласно классификации событий по тяжести радиологического облучения будет соответствовать эффективной дозе менее 100 мЗв. Таким образом, при выполнении стабилизационных мероприятий требования НРБУ-97/Д2000 будут соблюдены.

Заключение

Образующиеся при дезактивации оборудования, транспортных средств, СИЗ, а также при санитарной обработке персонала жидкие отходы будут собираться и перерабатываться согласно существующей схеме обращения с этими отходами на объекте "Укрытие", не допускающей неорганизованных сбросов в окружающую среду.

В ходе реализации стабилизационных мероприятий объекта "Укрытие" возможные дополнительные воздействия на окружающую среду пренебрежимо малы по сравнению с существующим уровнем загрязнения.

Возможные воздействия на окружающую среду при реализации мероприятий незначительны при условии соблюдения норм и правил, существующих в строительстве, атомной энергетике и технологии обращения с РАО, а также техники безопасности при производстве работ. Проведенный анализ показал, что уровни объемного загрязнения водной среды, а также поверхностного загрязнения почвы существенно не изменятся при нормальных условиях выполнения мероприятий по стабилизации объекта "Укрытие".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Aljoshin A. M., Batiy V. G., Rudko V. M., et al.* Inventory, generalization and analysis of data about kinds and volumes of radioactive materials, concentrated at the "Shelter" industrial site. Technical Report: Task 1, Project B7-5200/97/000077/MAR/C3, Chernobyl, 1988.
2. *Нормы радиационной безопасности Украины. Основные санитарные правила (ОСПУ), регламенты и требования относительно порядка применения (НРБУ/ОСПУ), ГСП 6.6.1.087-02.*
3. *Инструкция по эксплуатации системы сбора и удаления жидких радиоактивных отходов объекта "Укрытие", 15Э-ЦТОУ, 1999.*
4. *Инструкция по эксплуатации системы сбора, переработки и возврата вод 3-го блока (14Э-С-II).*
5. *Контрольные уровни радиационной безопасности на объекте "Укрытие" (КУРБ-ОУ-2002). Инв. № 36 (архив объекта "Укрытие").*
6. *Панасюк Н.И., Павлюченко Н. И., Правдивый А. А, и др.* Проведение гидрогеологического мониторинга в районе объекта "Укрытие": (Отчет) / МНТЦ "Укрытие" НАН Украины, 2000.
7. *Предлагаемый рабочий план по безопасному управлению ливневыми стоками ОУ. - Задание 13 ПОМ, SIP-03/1/C01. Документ TN/01303. - Славутич, 2000.*

Поступила в редакцию 14.10.04,
после доработки - 17.11.04.

13 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПОВОДЖЕННЯ З РІДКИМИ РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЗАХОДІВ ЗІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ"

В. Г. Батій, А. П. Криницин, В. М. Рудько, О. І. Стоянов, А. В. Щупенникова

Проведено огляд рідких радіоактивних відходів (РРВ), що утворюються при реалізації заходів зі стабілізації залежно від місць їх утворення та зон виконання робіт. Представлено транспортно-технологічні схеми поводження з РРВ, в яких максимально враховано елементи існуючої на об'єкті „Укриття” та ЧАЕС системи поводження з РРВ, а також можливе використання об'єктів, що проектується та будуються, з поводження з радіоактивними відходами.

Проведен обзор образующихся жидких радиоактивных отходов (ЖРО) при реализации планируемых стабилизационных мероприятий в зависимости от мест образования и зон производства работ. Представлены оптимальные транспортно-технологические схемы обращения с ЖРО, в которых максимально использованы элементы существующей на объекте "Укрытие" и ЧАЭС системы обращения с ЖРО, а также возможно использование проектируемых и строящихся объектов по обращению с радиоактивными отходами.