

## СХЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТАБИЛИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

**А. А. Ключников, В. М. Рудько, В. Г. Батий, А. И. Стоянов**

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль*

**В. Г. Хаврусь**

*Группа управления проектом ПОМ ГСП «ЧАЭС», Славутич*

Проведена систематизация радиоактивных отходов (РАО), образующихся при реализации планируемых стабилизационных мероприятий, в зависимости от мест образования и зон производства работ. Представленный подход позволил разработать оптимальные транспортно-технологические схемы обращения с РАО, в которых максимально возможно использованы элементы существующей на объекте "Укрытие" системы обращения с РАО и опыт производства работ на нем. Результаты данной работы легли в основу "Программы обращения с РАО", разработанной в рамках проекта стабилизации строительных конструкций объекта "Укрытие".

### Введение

Первоочередным этапом преобразования объекта "Укрытие" в экологически безопасную систему является стабилизация его строительных конструкций. Разработка рабочего проекта стабилизации завершается в настоящее время. В проекте предусмотрено выполнение работ, приводящих к образованию жидких и твердых РАО. По материалам проектной документации выполнен анализ количественных и качественных характеристик отходов, на основании которого разработана "Программа обращения с РАО". Ее реализация позволит усовершенствовать систему обращения с РАО на объекте "Укрытие" в соответствии с требованиями действующих норм и "Интегрированной программы обращения с РАО на этапе прекращения эксплуатации ЧАЭС и преобразования объекта "Укрытие" в экологически безопасную систему" [1]. Накопленный опыт может быть использован при строительстве нового безопасного конфайнмента и дальнейшем преобразовании объекта "Укрытие" в экологически безопасную систему.

### Основные исследования и публикации

Решение вопросов обращения с РАО объекта "Укрытие" основывается на знаниях свойств и характеристик отходов и требований действующей нормативной документации в части технологий и защиты персонала, населения и окружающей среды. Эти вопросы находят отражение в исследованиях, проводимых специалистами МНТЦ "Укрытие". Основные направления этих исследований:

изучение характеристик РАО и условий их нахождения в объекте "Укрытие", в частности радиационной обстановки [3, 4], включая РАО, локализованные в грунтах близлежащей от объекта "Укрытие" территории [5, 6];

систематизация РАО, включая их категорирование и оценку их количества [3];

анализ существующих концепций и технологий, технических средств обращения с РАО [4, 7, 8], опыта мирового сотрудничества в данной области;

анализ условий ядерной и радиационной безопасности [9, 10] и рисков [11, 12], сопровождающих проводимые в условиях объекта "Укрытие" работы;

разработка мероприятий по предотвращению и смягчению последствий потенциального и текущего облучения персонала [13, 14].

© А. А. Ключников, В. М. Рудько, В. Г. Батий, А. И. Стоянов, В. Г. Хаврусь, 2004

На основе этих исследований были разработаны "Концепция обращения с радиоактивными отходами объекта "Укрытие" [15] и "Программа по обращению с радиоактивными отходами "Объекта "Укрытие" [16]. Эти документы имеют концептуальный характер и ориентированы на рассмотрение вопросов обращения с РАО, образующихся при текущей эксплуатации объекта "Укрытие".

При осуществлении стабилизационных мероприятий ожидается существенное увеличение объемов РАО и трудоемкости работ по обращению с ними. Расположение мест образования РАО существенно отличаются от мест их образования при текущей эксплуатации.

Выполнение работ по стабилизации и обеспечение требований радиационной безопасности персонала приведет к образованию загрязненных средств индивидуальной защиты (СИЗ), оборудования, дезактивирующих и пылеподавляющих растворов, а также водных сред от санитарной обработки персонала и т.д. Будет образовано значительное количество вторичных РАО. Их уровень загрязнения должен быть спрогнозирован, так как он может иметь существенные отличия от РАО, образующихся при текущей эксплуатации.

Указанные отличия должны быть выявлены на стадии рабочего проектирования и учтены при разработке технических решений и технологических схем обращения с РАО с учетом сложившегося на объекте "Укрытие" положения.

Таким образом, предстоящие работы по осуществлению стабилизационных мероприятий требуют разработки принципиальных технических решений и транспортно-технологических схем обращения с РАО, в которых максимально возможно должны быть использованы элементы существующей на объекте "Укрытие" системы обращения с РАО.

Целью данной работы является разработка оптимальных схем обращения с РАО, которые будут образовываться при осуществлении стабилизационных мероприятий. Для достижения поставленной цели необходимо проанализировать характеристики РАО, оценить объемы, провести их классификацию в соответствии с требованиями нормативных документов, учесть условия в местах их образования и зонах, в которых осуществляется обращение с ними.

### **Систематизация мест образования РАО и зон работ обращения с ними**

Реализация проектируемых мероприятий предусматривает стабилизацию опорных узлов конструкции покрытия развала и каркаса деаэрационной этажерки, усиление опор балки "Мамонт", связей северного и южного элементов покрытия. При этом зоны производства работ будут располагаться во внутренних помещениях, на покрытии и в локальной зоне объекта "Укрытие". Деятельность, приводящая к образованию РАО, заключается в выполнении земляных работ, устройстве проемов в обшивке покрытия на различных высотных отметках, проемов в железобетонных стенах и перекрытии, а также в разрушении бетонных образований внутри помещений деаэрационной этажерки.

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

- в местах выполнения стабилизационных мероприятий при их реализации;
- на путях доступа при их обустройстве;
- на участках дезактивации и санобработки.

По расположению места образования РАО можно разделить на следующие зоны:

- территория локальной зоны;
- внешние конструкции локализирующей оболочки объекта "Укрытие";
- внутренние помещения объекта "Укрытие".

Зоны образования РАО при производстве работ по степени ограничений можно подразделить на участки. Выделены три основных участка: со свободным доступом, с ограниченным доступом и ручного труда.

Участки со свободным доступом характеризуются отсутствием пространственных ограничений для работы персонала, массогабаритных ограничений на размещение требуемого оборудования и механизмов. К таким участкам относятся места производства работ в локальной зоне. На этих участках возможно использование разнообразной техники (подъемно-транспортной, буровой, землеройной, автотранспортной) большой грузоподъемности и производительности, использование контейнеров для сбора РАО различного назначения и грузоподъемности.

На участках со свободным доступом возможно размещение дополнительных элементов инфраструктуры обращения с РАО. При осуществлении стабилизационных мероприятий, с целью минимизации образования РАО и обеспечения радиационной безопасности, планируется разместить на этих участках площадку сбора и погрузки РАО, площадку паспортизации РАО и мобильную установку дезактивации подвижных механизмов (рис. 1).

Места расположения новых элементов инфраструктуры обращения с РАО были выбраны, исходя из: минимальных значений мощности дозы гамма-излучения, минимального воздействия элементов инфраструктуры объекта "Укрытие" и взаимодействия с элементами инфраструктуры по обращению с РАО объекта "Укрытие".

К участкам с ограниченным доступом относятся места производства работ, имеющие габаритные ограничения или ограничения по несущей способности строительных конструкций. К этим участкам с помощью погрузочно-разгрузочных механизмов можно доставить малогабаритное оборудование, в том числе и для обращения с РАО, контейнеры определенных типов, что обуславливается размерами технологических проемов и площадок приема грузов, а также нагрузкой, которую допускается разместить на данном участке. Это места производства работ на внешних конструкциях оболочки объекта «Укрытие», где возможности использования оборудования и техники ограничены несущей способностью конструкций и расстоянием до места расположения подъемно-транспортного оборудования, а также подкровельное пространство.

Механизация основных технологических операций на этих участках ограничена. Высокие уровни МЭД в зонах производства работ не позволяют проводить работы по обращению с РАО в объеме, необходимом для подготовки их к транспортированию на захоронение. В местах образования РАО производится сбор и помещение отходов в контейнер, в котором осуществляется их транспортирование с помощью подъемно-транспортного оборудования на площадку сбора, где производится дальнейшее обращение с ними.

На участках ручного труда использование грузоподъемной техники невозможно. Все операции, включая доставку оборудования контейнеров, удаление РАО и т.д. на этих участках осуществляются вручную. Это места производства работ внутри локализирующей оболочки объекта "Укрытие", которые характеризуются пространственными ограничениями, связанными с расположением доаварийного технологического оборудования, конструкциями усиления и завалами мусора, недостаточной освещенностью на рабочих местах и по маршрутам доступа.

### **Характеризация РАО**

Основные виды твердых радиоактивных отходов (ТРО), которые будут образованы при осуществлении стабилизационных мероприятий, представлены на рис. 2. В результате проведенного анализа объемов и мест образования ТРО было выделено четыре вида:

- сыпучие краткосуществующие (КС) низко- и среднеактивные отходы (НСАО);
- малогабаритные КС НСАО;
- крупногабаритные КС НСАО;
- высокоактивные отходы (ВАО) и долгосуществующие (ДС) РАО.

Наибольшая часть РАО будет образовываться при проведении работ по стабилизации западного фрагмента объекта "Укрытие" (мероприятие № 2). Эти РАО в основном будут представлены сыпучими ТРО. Сыпучие ТРО будут образовываться в процессе производства

земляных работ в локальной зоне при зачистке и подготовке территории под фундаменты, а также прохождении скважин для цементации грунтов и установки столбов электропередачи.

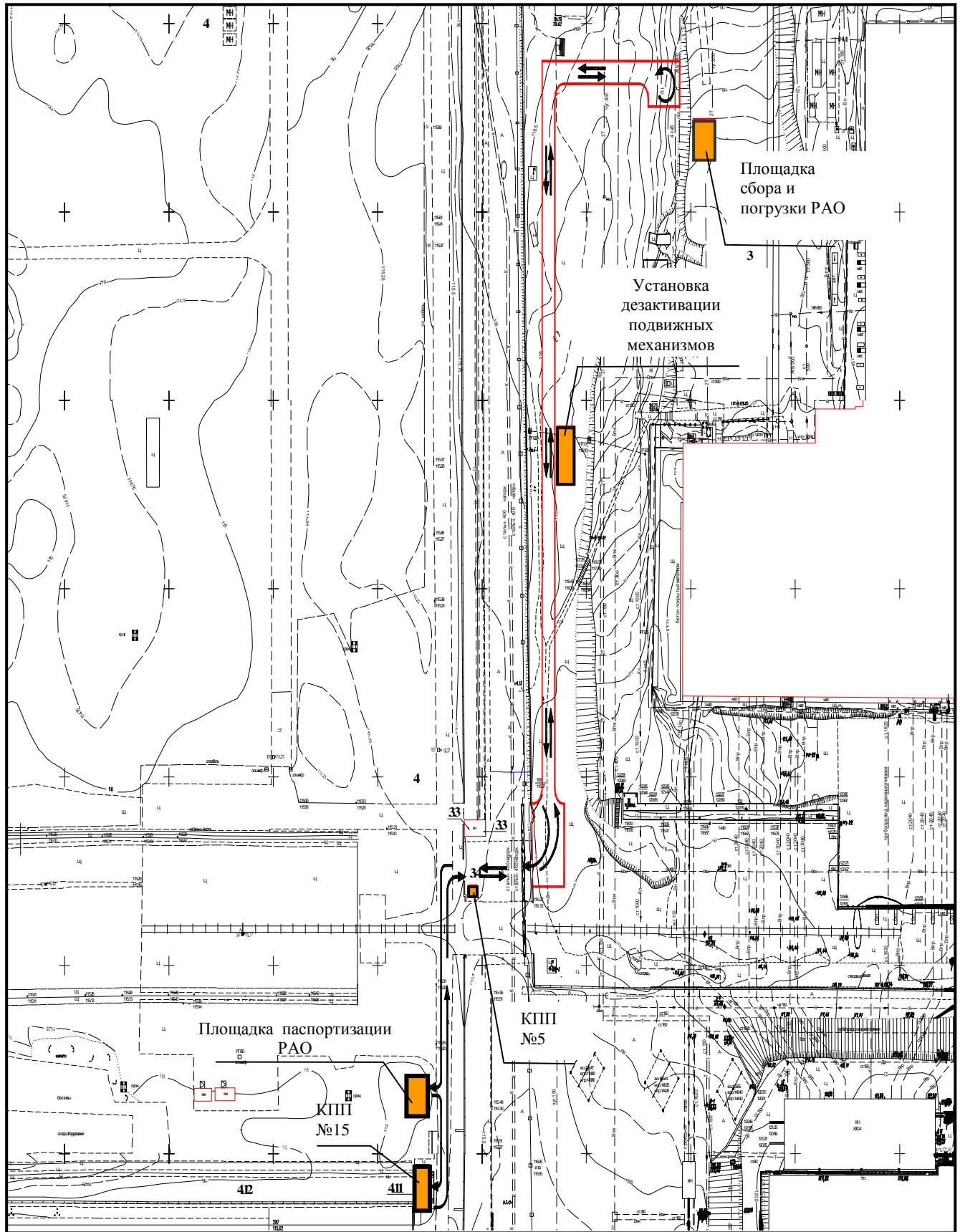


Рис. 1. Схема расположения площадки сбора и погрузки РАО.

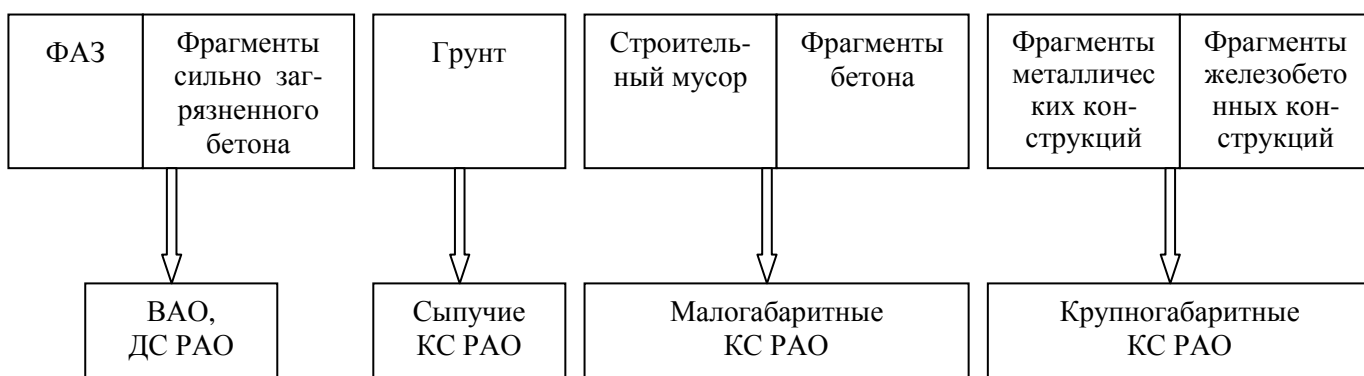


Рис. 2 Основные виды ТРО, образующиеся при осуществлении стабилизационных мероприятий.

Земляные работы будут заключаться в извлечении только послеаварийного техногенного слоя в локальной зоне. Поэтому основной объем сыпучих ТРО будет представлен КС НСАО. Оценка количества сыпучих ТРО, которые будут образовываться при выполнении стабилизационных мероприятий, составит около 200 т. Общее количество ТРО при осуществлении стабилизационных мероприятий ориентировочно оценено величиной около 374 т.

Крупногабаритные РАО в процессе выполнения стабилизационных мероприятий будут образованы при организации проемов в западной контрфорсной стене, перекрытии между контрфорсной стеной и стеной по оси 51', покрытии "собачьего домика", в южных щитах-ключках, при подготовительных работах в локальной зоне. ТРО будут относиться к категории КС НСАО и представлять фрагменты металлических и железобетонных конструкций в количестве около 20 т.

Малогабаритные ТРО в основном будут относиться к КС НСАО и представлены фрагментами бетона и строительным мусором. Основные объемы малогабаритных ТРО будут образовываться при осуществлении демонтажа существующих объектов на площадке строительства в локальной зоне и составят около 119 т. Всего при осуществлении стабилизационных мероприятий планируется образование около 157 т малогабаритных ТРО.

Образование ВАО и ДС РАО возможно, но маловероятно, в локальной зоне при вскрытии техногенного слоя, а также во внутренних помещениях объекта "Укрытие" при очистке мест выполнения работ от завалов. Эти РАО будут представлены фрагментами активной зоны и загрязненного бетона. По самым пессимистическим оценкам количество ВАО не превысит 0,5 % от их суммарного количества, а реальное - менее этой величины. Не исключено, что при реализации стабилизационных мероприятий ВАО вообще не будут образованы.

### Общая схема обращения с ТРО

Исходя из приведенной выше систематизации видов ТРО, систематизации мест их образования и зон работ по обращению с ними, была разработана общая схема обращения (рис. 3).

Образующиеся ТРО проходят предварительную характеристику с целью выявления включений ВАО и ДС РАО, которые не соответствуют критериям приема РАО на ПЗРО "Буряковка". Выявленные включения ВАО контейнеризируют, грузят на спецавтотранспорт, паспортизируют и с соблюдением мероприятий по противорадиационной защите транспортируют на ЧАЭС на временное хранение. КС НСАО, соответствующие критериям приема РАО на ПЗРО "Буряковка", в соответствии с приведенной выше систематизацией разделяются на различные потоки.

Как было сказано выше, сыпучие ТРО будут образовываться в процессе производства земляных работ. В связи с тем, что в техногенном слое не исключается вероятность обнаружения включений ВАО при зачистке и подготовке территории, удаление или перемещение грунта должно осуществляться послойно с осуществлением радиационного обследования вскрытой поверхности. Толщина удаляемого слоя определяется экранирующими свойствами грунта и составляет 40 - 50 см.

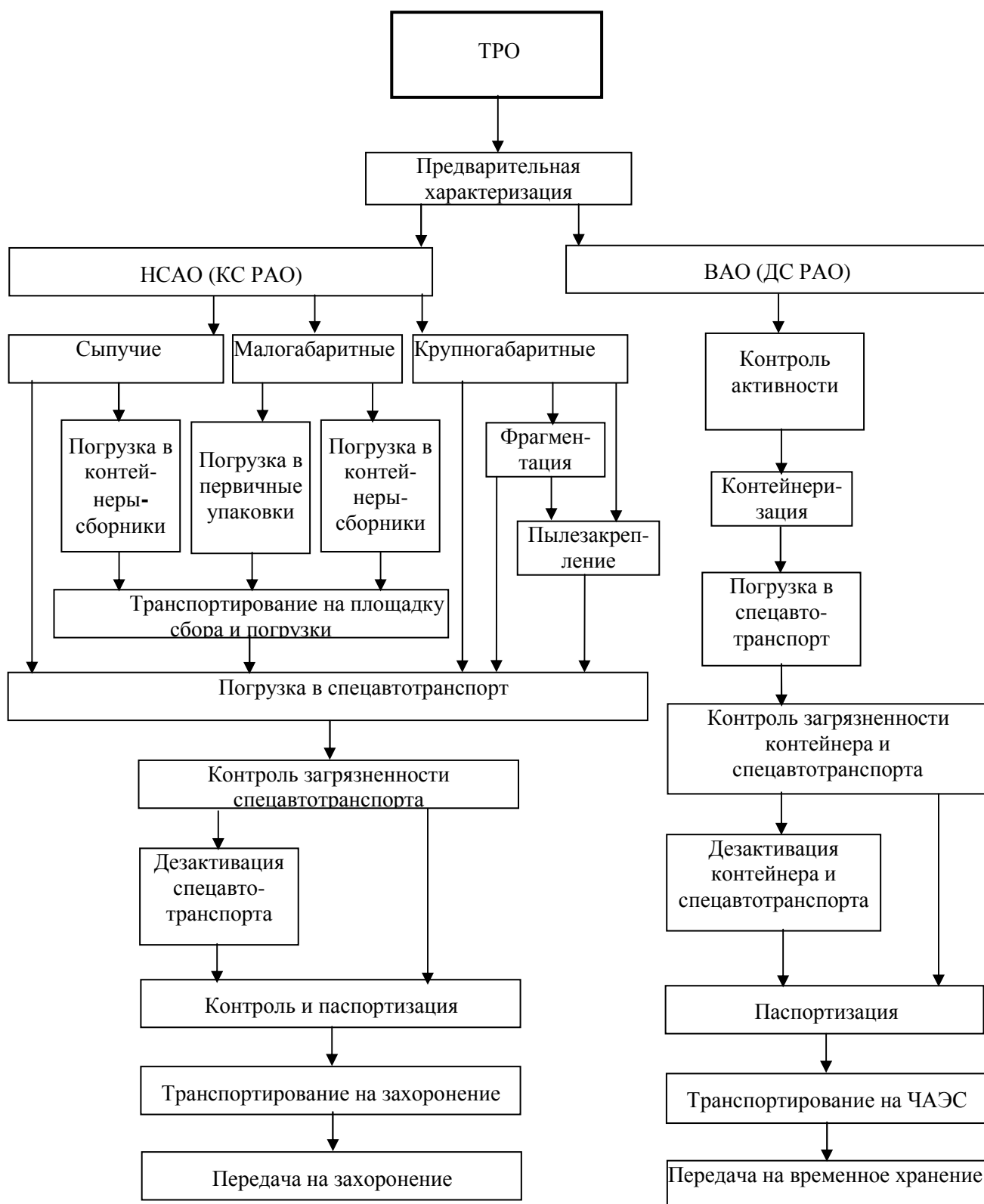


Рис. 3. Общая схема обращения с ТРО, образующимися при реализации стабилизационных мероприятий.

Разделение отходов на НАО и САО с точки зрения "затрат - выгод" нецелесообразно, так как прием и захоронение РАО на ПЗРО "Буряковка" осуществляется без разделения по категориям. Сыпучие ТРО, удаляющиеся на захоронение, могут быть использованы в качестве заполнителя. Основные объемы сыпучих ТРО планируется перевозить навалом в автосамосвалах с закрывающимися кузовами.

Малогабаритные КС НСАО в зависимости от места и условий образования будут загружаться в первичные упаковки или контейнеры-сборники, которые транспортируются на площадку сбора и погрузки РАО. На этой площадке осуществляется погрузка ТРО на спецавтотранспорт. В случае радиоактивного загрязнения спецавтотранспорта необходимо осуществлять мероприятия по его дезактивации. После этого на площадке паспортизации РАО проводится паспортизация ТРО, вывозимого на захоронение ПЗРО "Буряковка".

Крупногабаритными отходами являются отходы, если один из их габаритных размеров превышает 1,0 м. Однако при разработке технологической схемы обращения с крупногабаритными ТРО в настоящей "Программе..." дополнительно рассматриваются:

крупногабаритные ТРО, габаритные размеры которых допускают их погрузку и перевозку в кузове спецавтотранспорта, оборудованном крышкой; предлагается дополнительно их не фрагментировать и транспортировать на захоронение в закрытом кузове автомобиля без нанесения пылезакрепляющего состава;

крупногабаритные ТРО, размеры которых не позволяют перевозку в закрытом кузове; допускается транспортировать на ПЗРО в открытом виде на полуприцепе или площадке-трейлере с предварительным пылезакреплением на всех сторонах фрагмента;

крупногабаритные ТРО, размеры которых превышают габариты, допускаемые для перевозки грузов автотранспортом; они требуют дополнительной фрагментации до размеров, целесообразность которых определяется в каждом конкретном случае.

### Выводы

В работе проведена систематизация РАО, которые будут образованы при реализации проектных мероприятий по стабилизации строительных конструкций объекта "Укрытие", мест их образования и зон работ, в которых осуществляется обращение с этими РАО. Представленный подход позволил разработать оптимальные схемы обращения с РАО, в которых максимально возможно были использованы элементы существующей на объекте "Укрытие" системы обращения с РАО. При разработке транспортно-технологических схем в максимальной степени учтен опыт производства работ на объекте "Укрытие". Результаты данной работы легли в основу "Программы обращения с РАО", разработанной в рамках проекта стабилизации строительных конструкций объекта "Укрытие".

Как показал анализ, наибольшие количества образующихся РАО будут представлены радиоактивно загрязненным грунтом. Грунты имеют широкий диапазон активности и представлены разнообразными материалами. В ближайшее время при строительстве нового безопасного конфайнмента и элементов инфраструктуры предполагается увеличение объемов работ с радиоактивно загрязненными грунтами. Для минимизации образования РАО необходимо проводить сортировку этих грунтов. Поэтому, учитывая опыт обращения с РАО, полученный при осуществлении стабилизации строительных конструкций объекта "Укрытие", представляется целесообразным рассмотреть вопрос сортировки грунтов с использованием дистанционно управляемых систем диагностики РАО и контроля радиационной обстановки в зоне работ.

При строительстве нового безопасного конфайнмента, в отличие от стабилизационных мероприятий, прогнозируется образование ВАО. Поэтому возникает необходимость в разработке технологий извлечения, сортировки, кондиционирования и паспортизации ВАО. Актуальность приобретает также вопрос временного хранения возрастающих объемов ВАО.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Интегрированная* программа обращения с РАО на этапе прекращения эксплуатации ЧАЭС и преобразования ОУ в экологически безопасную систему, 2ПР-С, 2003.
2. *Алешин А.М., Батий В.Г., Ключников А.А., Рудько В.М.* Количество, расположение и технологическая схема обращения с РАО объекта "Укрытие": Тез. докл. Междунар. конф. Украинского ядерного общества «Безопасность и защита АЭС» (Украина, Одесса, 8 - 12 сент. 1997 г.). - Одесса, 1997 г. - С. 45.

3. *Батий В.Г., Криницин А.П., Панасюк Н.И. и др.* Свойства и экологическая опасность радиоактивных отходов, локализованных под каскадной стеной объекта "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 1998. - Вип. 2. - С. 38.
4. *Алешин А.М., Батий В.Г., Рудько В.М., Стоянов А.И.* Радионуклидный состав радиоактивных отходов объекта "Укрытие" и требования к технологиям обращения с ними // Там же. - С. 34.
5. *Сесиль Л., Бийон Ф., Ключников А. и др.* Проблемы обращения с РАО, локализованными на промплощадке объекта "Укрытие" // Тез. докл. междунар. конф. «Экология предприятий ядерной энергетики» (Украина, Одесса, 21 - 24 сент. 1998 г.). - Одесса: Астропринт. - С.70.
6. *Алешин А.М., Батий В.Г., Деренговский В.В. и др.* Радиоактивные отходы промплощадки ЧАЭС // Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі: Зб. наук. ст., вип. 3. - Київ: Вища шк., 2001. - С. 262.
7. *Рудько В.М., Батий В.Г., Алешин А.М. и др.* Разработка принципиальных технологических решений для извлечения радиоактивных материалов и конструкций из помещений объекта "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 1998. - Вип. 4. - С. 18.
8. *Батий В.Г., Алешин А.М., Рудько В.М., Стоянов А.И.* Радионуклидный состав радиоактивных отходов объекта "Укрытие" и требования к технологиям обращения с ними // Там же. - 2000. - Вип. 6. - С. 34.
9. *Рудько В.М., Батий В.Г., Алешин А.М. и др.* Анализ безопасности реализации проекта стабилизации опорных узлов блоков балок Б1 и Б2 // Там же. - С. 25.
10. *Алешин А.М., Батий В.Г., Рудько В.М. и др.* Анализ радиационной безопасности при проведении стабилизационных мероприятий на объекте "Укрытие" // Там же. - Вип. 7. - С. 65.
11. *Батий В.Г., Рубежанский Ю.И., Рудько В.М., и др.* Анализ радиационных рисков, связанных потенциальными авариями, при выполнении стабилизационных мероприятий на объекте "Укрытие" // Там же. - Вип. 6. - С. 63.
12. *Батий В.Г., Рубежанский Ю.И., Рудько В.М., Стоянов А.И.* Классификация и управление радиационными рисками при проведении работ на объекте "Укрытие" // Там же. - 2002. - Вип. 11. - С. 34.
13. *Рудько В.М., Батий В.Г., Кузьменко В.А. и др.* Оптимизация разовой дозы и толщины биозащиты при проведении работ на объекте "Укрытие" // Там же. - 2000. - Вип. 6. - С. 44.
14. *Рудько В.М., Батий В.Г., Егоров В.В. и др.* Оптимизация противорадиационной защиты и вероятностный анализ безопасности при осуществлении деятельности по преобразованию объекта "Укрытие" // Там же. - 2003. - Вип. 12. - С. 81.
15. *Концепция* обращения с радиоактивными отходами на объекте "Укрытие". Утв. решением № 10 от 15.10.99.
16. *Программа* обращения с РАО на объекте "Укрытие", 2001.

Поступила в редакцию 14.10.04,  
после доработки - 16.11.04.



**4с СХЕМА ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЗАХОДІВ ЗІ СТАБІЛІЗАЦІЇ****О. О. Ключников, В. М. Рудько, В. Г. Батій, О. І. Стоянов, В. Г. Хаврусь**

Виконано систематизацію радіоактивних відходів (РАВ), що утворюються при реалізації заходів зі стабілізації залежно від місць їх утворення та зон виконання робіт. Представлений підхід дав змогу розробити оптимальні транспортно-технологічні схеми поводження з РАВ, в яких максимально враховано елементи існуючої на об'єкті „Укриття” системи поводження з РАВ та досвід виконання робіт у ньому. Результати даної роботи застосовувались в якості вихідних у „Програмі поводження з РАВ”, яку було розроблено в рамках проекту стабілізації будівельних конструкцій об'єкта „Укриття”.