

МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ
З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ
ВІД НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ
ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ З УПРАВЛІННЯ ЗОНОЮ ВІДЧУЖЕННЯ

THE MINISTRY OF UKRAINE
OF EMERGENCIES AND AFFAIRS OF POPULATION PROTECTION
FROM THE CONSEQUENCES OF CHERNOBYL CATASTROPHE
STATE AGENCY OF UKRAINE ON EXCLUSION ZONE MANAGEMENT



**ПРОБЛЕМИ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ
ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ**
**PROBLEMS OF CHERNOBYL
EXCLUSION ZONE**

10

МІНІСТЕРС
УКРАЇНИ З
ПТАНЬ
ИЧАЙНИХ
АЦІЙ ТА У
РАВАХ
ХИСТУ
ІЕННЯ ВІД
СЛІДКІВ
БИЛЬСЬКОЇ
АСТРОФИ
ДЕРЖАВНЕ
НТСТВО
РАЇНИ З
АВЛІННЯ
ОНОЮ
УЖЕННЯ 1

ПРОБЛЕ
МИ
ОБИЛЬСЬ
І ЗОНИ
УЖЕННЯ
PROBLE
IS OF
RNOBYL
LUSION
ZONE

НАУКОВ
КНІЧНИЙ
ІРНИК

Засновано
1994 р.
Випуск 10
Чорнобил
2012

УДК
51.3+556.3
14.59
54683

621.039.7
Збірник

результати

наукових досліджень і дослідно-конструкторських робіт у зоні відчуження ЧАЕС, які направлені на розробку технологій, устаткування і приладів для поводження з радіоактивними відходами та ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, на вивчення складу і будови твердофазних носіїв активності фунту зони відчуження, трансформації форм продуктів розподілу радіонуклідного складу паливних випадін у ближній зоні ЧАЕС, просторового розподілу радіонуклідів та на вирішення інших проблем радіоекології. Велика увага приділяється медико-біологічним проблемам впливу наслідків аварії на флору, фауну і здоров'я людини, умови праці і стан захворювання робітників, які працюють у зоні відчуження.

Для науковців, працюючих у галузях екології, радіоекології, атомної енергетики, радіології, радіохімії та радіобіології, а також аспірантів та студентів.

The collection comprises the results of researches and design activity in the ChNPP exclusion zone, aimed at the development of technologies, equipment and devices for radioactive waste management and ChNPP accident clean-up, at studying the composition and structure of the Exclusion zone soil activity solid bearers, form transformation of the fission products of fuel fallout radionuclide composition in the ChNPP near zone, the spatial distribution of radionuclides and other radioecological issues. Much attention is paid to medical and biological problems of the accident influence on the flora, fauna and human health, labour conditions and incidence of the workers of the Exclusion zone.

The collection is for scientists, postgraduates and students engaged in ecology, radioecology, atomic engineering, radiology, radiochemistry and radiobiology.

Редакційна колегія

В. М. Шестопапов (голова редакційної колегії), Є. В. Соботович (заступник голови редакційної колегії), В. І. Холоша (відповідальний редактор), М. І. Проскура (заступник відповідального редактора), Ю. О. Іванов (заступник відповідального редактора), В. Л. П'янтковський (відповідальний секретар), В. Є. Тепікін, М. І. Мельник, В. І. Бухарєв, П. С. Вовк, О. К. Авдєєв, Ю. С. Архангельський, Т. Н. Бондаренко, Ю. В. Верюжєвський, Ю. Ш. Калюх, О. О. Ключников, В. А. Курєпін, В. В. Лукачина, О. Є. Мелєневський, С. С. Огородник, В. І. Купчий, І. Ф. Вовк, О. В. Войцєхович, В. А. Гайченко, В. В. Деревець, Р. Чєсєр, С. П. Дєєпо, О. В. Кашпаров, Б. С. Пристер, А. М. Сердюк, А. К. Сухоручкін, В. В. Токаревський, В. С. Давидчук, Т. П. Лось, В. П. Тронь, В. С. Яцков, Б. А. Малицький, О. О. Бондаренко, А. Ф. Єрьомін

Адреса редколегії

07270, м. Чорнобиль, вул. Радянська, 14
Державне агентство України з управління зоною відчуження
Тел. 235-30-58; (04593) 5-11-52

Затверджено до друку Державним агентством України з управління зоною відчуження
© Державне агентство України з управління зоною відчуження, 2012

ЗМІСТ

Предисловие Проскура Н. И.	4
О реализации государственной политики в сфере обращения с радиоактивными отходами в Украине: Государственная целевая экологическая Программа по обращению с радиоактивными отходами Проскура Н. И., Зинкевич Л. И., Осолков Б. Я.	6
Чернобыльская составляющая стратегии обращения с радиоактивными отходами в Украине Шестопапов В. М., Проскура Н. И., Шибєцкий Ю. А., Голубєв В. С., Шабалин Б. Г.	18
Поводження з радіоактивними матеріалами у вигляді насосно-компресорних труб нафтогазової промисловості Антропов В. М., Мельниченко В. П., Третьак О. Г., Хабрика А. І.	37
Проблемные вопросы обращения с радиоактивными отходами на ЧАЭС Сейда В. А., Цивун А. П.	40
Удосконалення технології дезактивації засобів індивідуального захисту поліхлорвінілової плівки, гуми та лавсану від радіоактивного забруднення Іванець В. Г., Лисиченко Г. В., Волошенюк Т. Г.	54
Нанокмпозиционные материалы как сорбенты для дезактивации многокомпонентных техногенных растворов Лисиченко Г.В., Кадошников В. М., Литвиненко Ю.В., Забулонов Ю.Л.	61
Експлуатація сховищ радіоактивних відходів чорнобильської зони відчуження Антропов В. М., Мельниченко В. П., Третьак О. Г., Хабрика А. І.	67
Обращение с радиоактивными отходами производства ядерного топлива в Україні Амосова Т. В., Билык Б. И., Дорошенко А. М, Ткаченко Ю. В.	77
Проблемы физической защиты радиоактивных отходов, локализованных в зоне ликвидации последствий Чернобыльской аварии Глыгало В. Н., Гудков А. П., Мартыненко В. И.	80

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник посвящен 50-ой годовщине создания в Украине спецкомбинатов «Радон», с появлением которых было положено начало государственной системе обращения с радиоактивными отходами (РАО). Эффективно функционируя и доньше, шесть межобластных спецкомбинатов «УкрГО «Радон» удаляют и обезвреживают РАО, отработанные изотопные источники и радиационно загрязненные материалы из населенных пунктов, промышленных центров и всей территории Украины. В связи с этим редколлегия поздравляет коллективы «Радон» с юбилеем.

С развитием ядерной энергетики в Украине проблемы обращения с РАО вышли на качественно иной уровень сложности, что потребовало искать подходы к их решению за пределами ранее существовавшей системы. Специфической проблемой Украины являются РАО аварийного происхождения, которые возникли после взрыва на 4 блоке Чернобыльской АЭС. Обращение с РАО является конечным этапом процесса производства электроэнергии на АЭС и использования источников ионизирующего излучения в промышленности, медицине³, сельском хозяйстве, науке. От того, насколько эффективна государственная политика в сфере обращения с РАО, во многом зависит отношение общества к планам дальнейшего развития ядерных и радиационных технологий, стабильное, безопасное развитие атомной энергетики.

За годы независимости в Украине достигнуты определенные успехи в сфере обращения с РАО, особенно в части нормативно-правового обеспечения. Национальная политика при обращении с РАО основана на приоритете защиты человека и окружающей природной среды от воздействия ионизирующего излучения. Как показывает практика, серьезные аварии при обращении с РАО могут приводить к трансграничному перемещению радиоактивности, поэтому важное место в этом направлении деятельности занимает международное сотрудничество. Придерживаясь общепринятых принципов международного сотрудничества в сфере мирного использования ядерной энергии, Украина присоединилась к Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработанным ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами (29 сентября 1997 г, Вена, Австрия). Выполняя взятые на себя обязательства Украина, наряду с другими странами-членами МАГАТЭ, ежегодно предоставляет информацию о своих РАО в базу данных NEWMDB, что позволяет проводить международную инвентаризацию РАО. Информация о текущем положении дел в Украине, в сфере обращения с РАО, размещена на сайте <http://newmdb.iaea.org/reports.aspx>.

Ответственность за реализацию государственной политики в сфере обращения с РАО возложена на центральный орган государственного управления - Государственное агентство по управлению зоной отчуждения. В последние годы в Украине разработана совместно с ведущими экспертами стран Евросоюза, и принята «Стратегия обращения с радиоактивными отходами в Украине», принят Закон, утвердивший новую «Общегосударственную экологическую целевую программу обращения с РАО», и наконец-то законодательно урегулированы вопросы, касающиеся создания и функционирования Государственного фонда обращения с РАО. Безусловно, это значительный шаг вперед, поскольку все принимаемые до сих пор Государственные программы обращения с РАО большей частью не выполнялись именно из-за катастрофического недофинансирования. Однако дальнейшему прогрессу в этой части препятствует инерция мышления некоторых чиновников с их поверхностным отношением к проблемам РАО, сложившимся за долгие годы. Несмотря на то, что доходная часть Фонда обращения с РАО наполняется четко, как и предписано в VIII-м разделе Налогового кодекса, ресурсы для реализации Общегосударственной программы

все еще предоставляются в размере 6-8 % от необходимых и предусмотренных соответствующим Законом. Такое положение дел фактически остановило выполнение проектных, конструкторских, строительных работ и научных исследований. Необходимо принятие кардинальных решений по механизму целевого использования средств Фонда с тем,

чтобы принципиальные решения принимали те, кто отвечает за надлежащую реализацию мероприятий Общегосударственной программы обращения с РАО и вопросы безопасного обращения с РАО.

Представленные в сборнике статьи отражают некоторые вопросы государственной политики и государственного управления в сфере обращения с РАО, касаются планов обращения с будущими отходами, которые будут образовываться на вновь создаваемом в Украине производстве по фабрикации ядерного топлива. Значительное место занимает тематика отходов Чернобыльской АЭС и, конечно же, аварийных отходов, расположенных в Чернобыльской зоне отчуждения. Не оставлены без внимания и такие важные вопросы как совершенствование технологий дезактивации и физической защиты РАО. Рассмотрены проблемы эксплуатации действующих хранилищ РАО и ряд других аспектов.

Среди авторов представлены сотрудники-практики из специализированных предприятий по обращению с РАО и концерна «Ядерное топливо», ученые ведущих украинских институтов и научных центров, сотрудники Государственного агентства по управлению зоной отчуждения.

4

Н. Проскура,

заместитель главы Государственного агентства по управлению зоной отчуждения, руководитель «Общегосударственной экологической целевой программы обращения с РАО»

5

УДК 621.039.75

О РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В УКРАИНЕ: ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЦЕЛЕВАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ПО ОБРАЩЕНИЮ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Н. И. Проскура¹, Л. И. Зинкевич¹, Б. Я. Осколков²

¹Государственное агентство Украины по управлению зоной отчуждения, Чернобыль,

² Государственное научно-исследовательское учреждение «Чернобыльский центр по проблемам ядерной безопасности, радиоактивных отходов и радиозащиты», Славутич

Представлены результаты выполнения государственной целевой экологической Программы по обращению с радиоактивными отходами в 2008 - 2011 гг. Показаны основные направления и некоторые итоги совершенствования системы обращения с радиоактивными отходами в Украине.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, ядерная энергетика, целевая экологическая программа.

Радиоактивные отходы (РАО) являются одной из ключевых проблем использования ядерной энергии. На 2011 г. в мире было накоплено 2042691 м³ низкоактивных отходов, 2466176 м³ среднеактивных отходов и 376200 м³ высокоактивных отходов [1].

Предпочтительная стратегия обращения со всеми типами РАО состоит в их удержании (локализации радионуклидов внутри матрицы отходов, упаковки и установки для захоронения) и изоляции от доступной биосферы. Количество отходов, изолированных в хранилищах, с каждым годом увеличивается, так на 2004 г. в мире в окончательных хранилищах находилось 19107705 м³ отходов, а в 2011 г. объем отходов, изолированных от биосферы, составил уже 25225071 м³.

Для Украины проблема обращения с РАО имеет особое значение как в свете ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы, так и страны, имеющей и активно развивающей ядерную энергетику.

Система обращения с РАО досталась Украине в наследство от Советского Союза. Советская система обращения с РАО была организована по отраслевому признаку: оборонный комплекс и ядерная энергетика имели свои структуры по обработке и хранению РАО. Цикл обращения с РАО заканчивался в границах производственной площадки предприятия и не предусматривал их полное и окончательное обезвреживание, фактически РАО находились на временном хранении, окончательное захоронение их не предусматривалось.

Широкое внедрение в народное хозяйство применения источников ионизирующих излучений (НИИ) и радиоактивных материалов привело к образованию большого количества РАО вне рамок оборонно-энергетического комплекса, что потребовало организации особой коммунальной структуры. В 1960 г. было принято закрытое постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о создании централизованной системы удаления и обезвреживания РАО из крупных городов и промышленных центров. Вся территория СССР была разделена на 35 крупных регионов, в каждом из которых было создано свое предприятие, отвечающее за безопасное обращение с образующимися РАО. К концу 60-х годов таких предприятий на территории Российской Федерации было создано 16, в Украине 6 и по одному в каждой из бывших советских республик; конструкция хранилищ обеспечивала выполнение действующих на тот момент норм и правил радиационной безопасности. Все РАО принадлежали государству и ответственность за безопасное обращение с ними автоматически также возлагалась на государство.

© Н. И. Проскура, Л. И. Зинкевич, Б. Я. Осколков, 2012

6

5

Следует отметить, что нормативные требования к организации обращения с РАО в то время только начинали разрабатываться, поэтому существовавшая система обращения с РАО не отвечала современным требованиям обеспечения безопасности.

За прошедшие полвека наши знания в области обращения с РАО существенно прогрессировали. Постепенно были разработаны основополагающие принципы обеспечения безопасности при использовании ядерной энергии и в процессе обращения с РАО. На основе собранных научным комитетом ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) данных о последствиях радиации на здоровье человека и окружающую среду, об уровнях радиационного облучения от различных источников и по рекомендациям международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) Международным агентством по использованию атомной энергии (МАГАТЭ) была разработана серия норм, требований по безопасности и руководству, регламентирующих организацию и проведение деятельности по обращению с РАО. При разработке этих документов активно использовался международный опыт по обеспечению безопасности и организации обращения РАО. Регламентирующие документы МАГАТЭ периодически пересматривались.

В 2007 г. МАГАТЭ были изданы основные принципы безопасности [2]. Сформулированные первоначально в 1995 г. как основополагающие принципы обращения с РАО, они были расширены и составили основу для обеспечения требований по защите от воздействия ионизирующих излучений при любом использовании ядерной энергии и источников излучения, в том числе и при обращении с РАО.

Были разработаны требования в отношении государственной, правовой и регулирующей основы организации обеспечения безопасности и обращения с РАО [3, 4]. Определены требования безопасности на отдельных этапах процесса обращения с РАО, например обращение с отходами перед захоронением [5], требования при захоронении РАО различных типов [6] и требования к установкам временного хранения [7]. Кроме этого, МАГАТЭ были разработаны специальные требования безопасности к проектированию и строительству предприятий по обращению с РАО, регулярно выпускаются технические обзоры, посвященные вопросам передовой практики в области обращения с РАО. Таким образом, к настоящему времени в мире существует достаточная нормативно-правовая и техническая база для обеспечения безопасного обращения с РАО.

После обретения независимости в Украине активно продолжается работа по совершенствованию системы обращения с РАО и приведению ее в соответствие с современными международными рекомендациями. Были приняты основополагающие законы, регулирующие применение ядерной энергии и обеспечение ядерной и радиационной безопасности.

Основным законом, регламентирующим все виды деятельности, связанные с использованием ядерных объектов и источников ионизирующего излучения, является "Закон

Украины об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности". Этим законом устанавливается ответственность Украины в области использования ядерной энергии в международном масштабе, определяется приоритет безопасности человека и окружающей среды, права и обязанности граждан, государственных органов и организаций в области использования ядерной энергии.

Законом Украины "Об обращении с радиоактивными отходами", принятым в 1995 г., определена государственная политика в области обращения с РАО. Закон устанавливает основные цели и требования, касающиеся безопасного обращения с РАО, задачи в области организации национальной системы по обращению с РАО, принципы обеспечения безопасности, а также обязанности, ответственность, права и компетенцию органов управления и организаций исполнителей.

Закон Украины «О защите населения от воздействия ионизирующих излучений» № 15 от 14 января 1998 г. направлен на обеспечение защиты жизни, здоровья и собственности людей от вредного воздействия ионизирующего излучения в результате выполнения

7

6

практических действий, а также в результате радиационных аварий посредством реализации превентивных и восстановительных мероприятий и устранения повреждений.

Принятие этих законов позволило юридически установить цели и задачи политики государства в области обращения с РАО. Законодательно были разграничены области ответственности государственного управления и регулирования в сфере использования ядерной энергии и захоронения РАО, в том числе установлено, что юридические и физические лица, вследствие деятельности которых образуются РАО, не могут проводить работы по их захоронению. Был принят в качестве законодательной основы принцип "загрязнитель платит", т.е. затраты на захоронение и долгосрочное хранение РАО должны были возлагаться на производителей отходов (ст. 5 Закона Украины "Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности").

Законодательно устанавливались: требования по минимизации накопления/образования РАО на практически достижимом уровне; недопущение неконтролируемого накопления РАО; обеспечение государственного надзора за обращением с РАО.

Принятие решений относительно размещения новых хранилищ РАО предусматривалось с обязательным участием граждан, их объединений, а также местных органов государственной исполнительной власти и органов местного самоуправления. Предусматривалась гарантированная надежная изоляция РАО от окружающей природной среды при обосновании безопасности хранилищ РАО. Ограничивалось время хранения РАО у производителей отходов и предусматривалась обязательная передача специализированным предприятиям для захоронения. Ответственность за безопасность во время обращения с РАО возлагалась на производителей РАО.

Реализация вышеизложенных принципов государственной политики в сфере обращения с РАО предусматривалась путем разработки и выполнения долгосрочной государственной программы обращения с РАО, пересмотр которой должен был выполняться каждые три года (ст. 3 Закона Украины "Об обращении с радиоактивными отходами").

Первая государственная Программа обращения с РАО была разработана и утверждена постановлением Кабинетом Министров Украины № 480 от 29 апреля 1996 г.

Основные мероприятия Программы предусматривались по следующим направлениям: развитие нормативно-правовой базы при обращении с РАО, в частности разработка требований на этапах обращения с РАО и сближение действующих национальных норм с международными требованиями; совершенствование системы обращения с РАО на эксплуатирующихся АЭС и предприятиях уранодобывающей промышленности, в частности внедрение процессов более глубокой переработки РАО перед захоронением. Планировалось строительство комплекса по переработке и захоронению РАО в черномыльській зоне отчуждения (комплекс "Вектор"). Предусматривались мероприятия по техническому

переоснащению и перепрофилированию государственных межобластных спецкомбинатов объединения "Радон"; проработка вопросов строительства геологического хранилища для захоронения высокоактивных и долгосуществующих РАО. К сожалению, большая часть задач этой Программы не была выполнена, в основном из-за недостаточности финансирования и отсутствия жесткой координации работ. Регламентированный пересмотр этой программы в 1999 г. коренных изменений не принес. Остались без изменений принципиальные недостатки: отсутствие законодательно закрепленных источников финансирования и распорядителей средств. В нарушение требований Закона Украины "Об обращении с радиоактивными отходами" государственный фонд обращения с РАО, который должен являться одним из основных источников финансирования выполнения программы, так и не был создан.

Как известно, основным гарантом обеспечения безопасности при использовании атомной энергии и обращении с РАО является государство. Для адекватного выполнения такой роли государство обязано создать и обеспечить функционирование национальной системы обращения с РАО. Национальная система обращения с РАО включает в себя три основных компонента [4]:

8

национальную политику, которая законодательно закрепляет цель обращения с РАО, а также определяет государственные структуры, ответственные за достижение этой цели;

стратегию, определяющую долгосрочную программу обращения с РАО (для достижения поставленной цели), пути и этапы достижения этой цели;

необходимые ресурсы для достижения поставленной цели, включая наличие необходимой инфраструктуры, адекватных технологий, квалифицированного персонала и достаточного финансирования.

В 2005 г. указом Президента Украины вся ответственность за реализацию государственной политики Украины в области обращения с РАО (государственное управление) была возложена на Министерство по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы (МЧС Украины), в том числе на МЧС возлагалось и проведение работ по обращению с РАО в чернобыльской зоне отчуждения и на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС). Ответственность за обращение с РАО на эксплуатируемых АЭС до момента передачи их на окончательное захоронение была оставлена за Министерством топлива и энергетики Украины.

Основные цели и задачи национальной политики по обращению с РАО, как отмечалось выше, были сформулированы в законе по обращению с РАО, поэтому основные усилия органов государственного управления в этот период были направлены на разработку и создание комплексной общегосударственной системы обращения с отходами.

В 2006 г. была разработана концепция новой государственной программы по обращению с РАО, а затем на основе этой концепции разработана и утверждена общегосударственная целевая экологическая программа по обращению с РАО (Закон Украины "Об общегосударственной целевой экологической программе по обращению радиоактивными отходами" был принят 17 сентября 2008 г.).

Были внесены и приняты Верховной Радой необходимые поправки (Закон Украины "Про внесення змін до деяких законів України щодо поводження з радіоактивними відходами", 2008, № 52), направленные на обеспечение устойчивого финансирования системы обращения с РАО. С вступлением в силу изменения закона ио охране окружающей природной среды [8] наконец был практически реализован принцип "загрязнитель платит" относительно производителей РАО; был установлен экологический налог (ст. 41 Закона України "Про охорону навколишнього природного середовища") за образование и временное хранение РАО. В последующем эти положения были включены в Налоговый кодекс Украины [9]. Изменением ст. 4 закона об обращении с РАО был установлен порядок образования государственного фонда по обращению с РАО и его наполнения. Распорядителем средств фонда был определен орган управления в сфере обращения с РАО - МЧС Украины [13].

Новой государственной целевой экологической Программой по обращению с РАО предусматривалось выполнение 12 основных задач, направленных на построение национальной системы обращения с РАО.

1. Строительство, введение в эксплуатацию и эксплуатация комплекса "Вектор".
2. Обеспечение дальнейшего развития системы обращения с РАО, образующихся вследствие эксплуатации украинских АЭС, минимизация объемов их образования.
3. Проектирование, строительство и эксплуатация хранилища для промежуточного хранения высокоактивных РАО, которые будут возвращаться из Российской Федерации после переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) украинских АЭС.
4. Обеспечение дальнейшего развития системы обращения с РАО, которые образовались вследствие Чернобыльской катастрофы.
5. Переоснащение и перепрофилирование спецкомбинатов государственной корпорации "Украинское государственное объединение "Радон" с целью создания условий для сбора и временного контейнерного хранения РАО.
6. Обеспечение дальнейшего развития государственной системы учета РАО.

9

7. Обеспечение радиационной безопасности и осуществление противорадиационных мер во время обращения с РАО, уменьшение доз облучения персонала специализированных предприятий и населения, социально-экономическая компенсация риска от проведения деятельности объектов, предназначенных для обращения с РАО.

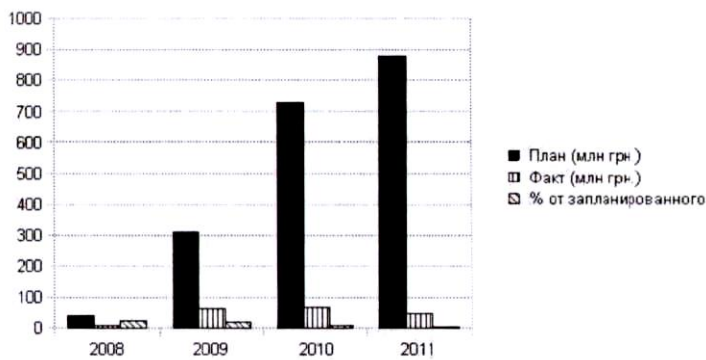
8. Подготовка кадров и проведение информационно-просветительских мер.
9. Создание и обеспечение функционирования инфраструктуры обращения с РАО на ЧАЭС и объекте "Укрытие".
10. Развитие нормативно-правовой базы в сфере обращения с РАО, проведение научно-исследовательских и исследовательско-конструкторских работ, подготовка национального доклада о выполнении Объединенной конвенции о безопасности обращения с ОЯТ и о безопасности обращения с РАО.

11. Выполнение комплекса поисковых, оценочных, научно-методических, исследовательских и проектных работ по выбору площадок для размещения геологического хранилища для захоронения долгосуществующих и высокоактивных РАО.

12. Решение вопросов относительно обращения с РАО, которые образовались вследствие выполнения военных программ СССР.

Действие Программы не распространялось на обращение с ОЯТ, отходами уранодобывающей и ураноперерабатывающей промышленности, которые согласно законодательству не определяются как РАО. Государственным заказчиком Программы определено Государственное агентство Украины по управлению зоной отчуждения" (ГАЗО Украины).

В целом на решение задач, определенных государственной программой на период 2008 - 2011 гг. было предусмотрено финансирование в объеме 1964,62 млн. грн., которые должны были обеспечиваться за счет поступлений в государственный фонд обращения с РАО. Задачи 2, 9, 12 предполагалось финансировать из других источников, в частности: задача 2 "Совершенствование системы обращения с РАО на АЭС" должна быть реализована за счет средств производителя отходов ГП НАЭК "Энергоатом" и средств международной помощи; задача 9 "Совершенствование системы обращения с РАО на ЧАЭС и на объекте "Укрытие" - за счет международной помощи. Как видно из представленного рисунка, несмотря на принятые меры по упорядочению порядка финансирования системы обращения с РАО существенного улучшения не произошло.



Финансирование реализации государственной целевой экологической Программы по обращению с РАО в 2008 - 2011 гг.

Фактический объем выделенных средств из бюджета на реализацию Программы за период 2008 - 2011 гг. (кроме задач 2, 9, 12) составил 190,26 млн. грн., т.е. 9,6 % от запланированного объема - 1964,62 млн. грн. В период 2002 - 2004 гг. выделение средств составляло 36 % от планируемого.

10

В то же время основной источник финансирования мероприятий Программы - государственный фонд обращения с РАО - наполнялся в значительно больших объемах. Согласно справкам государственного казначейства в 2010 г., в фонд поступило 558,2 млн. грн.; в 2011 г. - 575,1 млн. грн.

Более 90 % выделяемых средств было направлено на выполнение двух задач Программы: задача 1 "Строительство, введение в эксплуатацию и эксплуатация комплекса "Вектор" финансировалась бюджетной программой "Строительство пускового комплекса "Вектор" и эксплуатация его объектов", задача 5 "Переоснащение и перепрофилирование спецкомбинатов государственной корпорации "Украинское государственное объединение "Радон" с целью создания условий для собирания и временного контейнерного хранения радиоактивных отходов" - бюджетной программой "Выполнение работ в сфере обращения с радиоактивными отходами неядерного цикла и ликвидация радиационных аварий".

Однако даже эти задачи финансировались ниже запланированных значений, что не обеспечило их полного выполнения. Так, по задаче 1 на 2009 - 2011 гг. на строительство комплекса планировалось 153 млн. грн. (фактически профинансировано 95,36 млн. грн.). К настоящему времени по этой задаче завершено строительство и приняты в эксплуатацию 25 объектов инфраструктуры пускового комплекса I очереди комплекса производства "Вектор". Строительная готовность основных сооружений комплекса - хранилищ твердых РАО ХТРО-1 составляет 94 %, ХТРО-2 - 85 %. Принято в эксплуатацию (акт государственной приемочной комиссии от 12 августа 2008 г.) специально оборудованное приповерхностное хранилище твердых РАО (ТРО) (СОПХТРО) (Лот-3), финансирование которого велось за счет средств международной помощи. Получена лицензия на право эксплуатации хранилища (лицензия серии ЕО № 000894 от 2 июля 2009 г., по которой разрешено заполнять два симметричных модуля СОПХТРО (А1 и Д1) упаковками РАО, изготовленными на заводах по переработке ТРО и ЖРО ЧАЭС согласно проекту).

Выполнение задачи 2 Программы предусматривалось за счет средств НАЭК "Энергоатом" и в рамках программ международной помощи ТАСИС. К сожалению, приходится отмечать, что и в этом случае имеется недостаточное финансирование работ, в результате чего плановые сроки мероприятий не выдерживаются. Так, на ЗАЭС ведутся работы по созданию комплекса по переработке ТРО. Срок выполнения 2013 г. По состоянию

на 2012 г. две установки - суперпрессование и фрагментация - смонтированы, опробованы и готовится их опытная эксплуатация. Прошла испытания установка сжигания РАО. До конца 2012 г. планируется пуск системы химического и радиационного мониторинга выбросов. Однако значительно отстают работы по внедрению установки извлечения РАО из хранилищ ТРО.

Срываються плановые сроки работ по созданию комплексов переработки ТРО на ХАЭС, ЮУАЭС. На РАЭС закуплена часть оборудования будущего комплекса по переработке РАО, поставлено оборудование установок фрагментации, сортировки и суперпрессования производства фирмы «NUKEM» (Германия), системы измерения активности отходов (производитель - чешская фирма «ENVINET»). На стадии комплектации находится оборудование установки изъятия ТРО производства фирмы «ONET» (Франция), однако срок окончания работ также перенесен на 2014 г.

Задача 3 Программы из бюджета не финансировалась, однако в рамках международного проекта U4.02/08 "Предпроектная проработка и предварительный проект приповерхностного хранилища для долгосрочного хранения долгосуществующих и⁰ высокоактивных радиоактивных отходов на площадке комплекса "ВЕКТОР" в зоне отчуждения ЧАЭС" начаты работы по разработке следующих концептуальных проектов: хранилища для долгосуществующих низко- и среднеактивных РАО; хранилища для высокоактивных отходов и хранилища для остеклованных высокоактивных РАО, поступающих после переработки ОЯТ в России. Срок представления проектов 13 июня 2013 г.

Совершенствование системы обращения с РАО в чернобыльской зоне отчуждения (задача 4) в 2008 - 2011 гг. осуществлялось в основном за счет международных программ.

11

Закончен проект U4.01/08-Е «Изучение альтернативных маршрутов безопасной и надежной транспортировки радиоактивных отходов на площадку комплекса «Вектор» и ПЗРО «Буряковка».

Начаты работы по проекту U4.01/08-В и проекту INSC U4.01/0S-В "Усовершенствование инфраструктуры по обращению с радиоактивными отходами в чернобыльской зоне отчуждения" в части модернизации хранилища "Буряковка". В рамках проектов выполнены анализ имеющихся материалов, оценка безопасности ПЗРО "Буряковка" и работы продолжаются.

За счет бюджетных средств обеспечена безопасная эксплуатация девяти пунктов захоронения и временной локализации РАО и трех пунктов захоронения РАО зоны отчуждения; выполнялись регламентные работы на пунктах захоронения РАО "Подлесный" и " 3-я очередь ЧАЭС".

Одной из основных задач государственной Программы является задача 5 "Переоснащение и перепрофилирование спецкомбинатов государственной корпорации "Украинское государственное объединение "Радон" с целью создания условий для сбора и временного контейнерного хранения радиоактивных отходов". По данной задаче предусматривалось выполнение 13 заданий с бюджетом на 2008-2011 гг. - 269,99 млн. грн. Фактически было профинансировано 85, 7 млн. грн., т.е. ~ 31 %. При этом только на обеспечение текущей эксплуатации пунктов захоронения РАО и станций дезактивации государственных межобластных спецкомбинатов требовалось 91,59 млн. грн. Поэтому в рамках этой задачи в основном обеспечивалась текущая деятельность спецкомбинатов и велась подготовка к передаче РАО на комплекс "Вектор". В частности, проводилась корректировка проектной документации, в том числе критериев приемки РАО на захоронение в хранилища ХТРО1 и ХТРО2 по замечаниям регулирующих органов, доработке отчета по анализу безопасности хранилищ, с учетом в качестве поставщиков РАО ГП НАЭК "Энергоатом" и спецкомбинатов УкрГО "Радон".

В пределах выделенных средств проводилась работа по совершенствованию системы государственной системы учета РАО (задача 6). В соответствии с требованиями "Порядка проведения государственной инвентаризации радиоактивных отходов" (НП

306.5.04/2.059-2002) в 2010 г. была проведена четвертая государственная инвентаризация РАО (табл. 1).

В составе государственной корпорации "Радон" был создан Головной аналитический центр, на который возложено ведение государственного реестра РАО и государственного кадастра хранилищ РАО [11].

Несмотря на то, что деятельность по задаче 7 практически не финансировалась в текущем периоде, обеспечивалась радиационная безопасность на объектах обращения с РАО. Персонал спецкомбинатов государственной корпорации "УкрГО "Радон" принимал участие в ликвидации до 50 радиационных инцидентов на территории Украины ежегодно.

В соответствии с Программой была продолжена деятельность по подготовке кадров и информационного освещения проблем обращения с РАО для населения.

Задачей 9 "Создание и обеспечение функционирования инфраструктуры обращения с радиоактивными отходами на Чернобыльской АЭС и объекте "Укрытие" предусматривалось выполнение 19 мероприятий, в том числе:

1. Введение в эксплуатацию завода по переработке жидких РАО (мероприятие 1)¹¹, который сооружался "под ключ" в рамках контракта между НАЕК "Енергоатом" и международным консорциумом в составе "BELGATOM\SGN\FINMECANICA SpA D'AZIE A ANSALDO NUCLEARE". (В данное время правопреемником НАЭК "Энергоатом" является ГСП "Чернобыльская АЭС".) Финансирование работ по контракту осуществлялось Европейским банком реконструкции и развития. В 2006 г. договор строительства этого завода был разорван и незавершенный строительством объект перешел заказчику - ГСП ЧАЭС. В июле 2007 г. на Ассамблее стран-доноров "Счета ядерной безопасности" было принято решение о продолжении финансирования строительства завода. Все оставшиеся объемы работ

12

разделены на четыре пакета, в настоящее время заключены контракты и выполняются работы, включающие поставку дополнительного оборудования, монтажа автоматизированной системы управления технологическим процессом, радиационного контроля и ряда других работ, предполагаемый срок окончания работ - 2012 г.

2. Выполнение строительно-монтажных работ и введение в эксплуатацию объектов промышленного комплекса обращения с ТРО ЧАЭС (ПКОТРО): По установке извлечения твердых отходов (УИТО) Лот-1 и заводу по переработке отходов (ЗПТРО) Лот-2 завершены строительно-монтажные работы, ведутся горячие испытания, окончание работ планируется в 2013 г. В рамках строительства комплекса выполнены работы по созданию временного хранилища ВАО и НСА ДСО в здании ХЖТО (сооружение 84). Смонтировано все оборудование и системы, проведены испытания систем. 10 декабря 2010 г. получено разрешение ГКЯРУ на эксплуатацию временного хранилища ВАО и НСА ДСО в здании ХЖТО.

Таблица 1. Сводные результаты инвентаризации РАО в Украине 2010 г.

Общие сведения				ИИИ, относящиеся к РАО		Твердые РАО (исключая ИИИ)			Жидкие РАО		Биологические РАО		Примечание
Источник РАО	Количество субъектов производителей РАО	Количество субъектов-участников инвентаризации РАО, ед.	Количество субъектов, у которых выявлено наличие РАО, ед.	ед.	Суммарная активность, Бк	Масса, кг	Объем, м ³	Суммарная активность, Бк	Объем, м ³	Суммарная активность, Бк	Масса, кг	Суммарная активность, Бк	
РАО, выявленные на предприятиях				1160	$2,40 \cdot 10^{14}$	8652,1	0	$1,33 \cdot 10^{11}$	483,53	$4,10 \cdot 10^{10}$	0	-	Подлежат передаче на специализированные предприятия по обращению с РАО
РАО Чернобыльского происхождения (отходы дезактивации)							$1,72 \cdot 10^5$	$6,41 \cdot 10^{11}$					
РАО в зоне отчуждения	2	11	3	3717	$3,79 \cdot 10^{12}$	$3,79 \cdot 10^{12}$	$1,94 \cdot 10^6$	$7,39 \cdot 10^{15}$	19777,47	$3,85 \cdot 10^{14}$	0	-	
Специализированные предприятия по обращению с РАО, ДМСК ДКУКРДО "Радон"	6	6	5	387174	$3,11 \cdot 10^{16}$	$3,11 \cdot 10^{16}$	$5,46 \cdot 10^3$	$9,41 \cdot 10^{15}$	612,047	$1,85 \cdot 10^{12}$	38161	$1,04 \cdot 10^{13}$	Долгосрочное хранение
						$7,35 \cdot 10^5$		$2,66 \cdot 10^8$					Техногенно усиленные объекты
РАО на предприятиях Минтопэнерго	2	7	2	5736	$4,1 \cdot 10^{13}$		36025,43	$1,64 \cdot 10^{13}$	17519,58	$2,93 \cdot 10^{14}$			

3. Ведется проектирование, изготовление оборудования для модернизации линии измельчения высокоактивных длинномерных отходов (установка ЛИД), строительство и введение в эксплуатацию которой запланировано на 2014 г.

4. Введен в эксплуатацию комплекс по производству металлических бочек и железобетонных контейнеров для хранения РАО (УПМБиЖК) (мероприятие 11). Комплекс расположен на территории стройбазы в г. Славутич и будет обеспечивать производство

13

упаковок для транспортировки, хранения и захоронения РАО. Проектная мощность основного производства - 34250 металлических бочек и 700 железобетонных контейнеров в год. Все работы завершены, продолжается период гарантийной эксплуатации.

Работы по данным мероприятиям Программы проводились в рамках международных проектов, которые финансируются странами-донорами через Европейский банк реконструкции и развития (ЗПЖРО) и Европейской комиссией (ПКОТРО).

Ряд мероприятий по задаче 9 государственной Программы по обращению с РАО (в частности, мероприятия 15, 16, 18, 19) в ограниченных размерах финансировались из госбюджета (табл. 2).

Таблица 1. Финансирование задачи 9 в 2009-2011 гг. (тыс. грн.)

од	Годовой объем финансирования (предусмотренный госпрограммой)	Плановый объем финансирования на год (предусмотренный бюджетом)	Фактически профинансировано
009	247060,0	8645,384	6605,817
010	213140,0	7253,929	7240,604
011	262740,0	11806,097	11795,695

Примечание. Мероприятия задачи 9 Программы, финансируемые из госбюджета:

- 1) модернизация, реконструкция и ремонт объектов и замена оборудования для обращения с РАО (мероприятие 15);
- 2) обеспечение эксплуатации объектов и оборудование для обращения с РАО (мероприятие 16);
- 3) осуществление мониторинга и радиационного контроля во время обращения с РАО (мероприятие 18);
- 4) передача РАО ЧАЭС специализированным предприятиям по обращению с РАО для захоронения (мероприятие 19).

Кроме того, в рамках задачи 9, в части совершенствования системы обращения с РАО на ЧАЭС, выполнялись рекомендации миссий МАГАТЭ по очистке жидких РАО, пересмотру «Интегрированной программы обращения с радиоактивными отходами на этапе прекращения эксплуатации Чернобыльской АЭС и преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему» (2010 г.) и некоторых других. В рамках реализации Плана осуществления мероприятий на объекте "Укрытие" для ЧАЭС поставлено оборудование для перемещения и временного хранения ТРО III группы - 40 контейнеров транспортно-защитных типа КТЗВ-0,2.

Продолжалась работа по развитию нормативно-правовой базы в сфере обращения с РАО, по проведению научно-исследовательских и исследовательско-конструкторских работ, подготовке национального доклада о выполнении Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработанным топливом и о безопасности обращения с РАО (задача 10 Программы). В частности, усовершенствована структура государственных органов управления и регулирования в области обращения с РАО (образование ДАЗВ, ДІЯРУ). Внесены дополнения и изменения в некоторые нормативные документы, касающиеся обращения с РАО, в частности в документы: «Загальні вимоги до системи управління

діяльністю у сфері використання ядерної енергії» и «Порядок проведення державної інвентаризації радіоактивних відходів» (НП 306.5.04/2.059-2002).

Выполнена подготовка 4-го национального доклада о выполнении Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработанным топливом и о безопасности обращения с РАО.

К сожалению, из-за отсутствия финансирования не ведется практическая работа по выполнению комплекса поисковых, оценочных, научно-методических, исследовательских и проектных работ по выбору площадок для размещения геологического хранилища для захоронения долгосуществующих и высокоактивных РАО (задача 11).

14

Анализ выполнения государственной целевой экологической Программы по обращению с РАО в Украине показывает, что, несмотря на неудовлетворительное государственное финансирование отдельным направлениям, Программа выполняется. Совершенствуется хоть и медленно, инженерная составляющая системы обращения с РАО в стране. Так, имеет развитие база захоронения РАО, структуры переработки РАО на АЭС, в¹⁴ том числе и на чернобыльской площадке. Существенно отстает развитие национальной структуры в целом как системы.

Специальные рекомендации в рамках проекта Программы технического содействия (СНГ № U4.03/04) акцентировали внимание Украины на создание национальной организации по обращению с РАО (НООРАО). Создание НООРАО считалось главным шагом на пути к созданию последовательной и устойчивой структуры обращения с РАО. Приняв эти рекомендации, Правительство Украины поддержало эту точку зрения и утвердило распоряжением Кабинета Министров № 990-р от 19 августа 2009 г. "Стратегию обращения с радиоактивными отходами в Украине". Этим документом основной долгосрочной стратегической целью для Украины определено завершение создания и обеспечение эффективного функционирования целостной системы обращения с РАО.

Для создания такой системы самым важным является формирование организационно-правовых принципов и инфраструктуры, которые дают возможность реализовать полный цикл обращения с РАО всех типов и категорий от их образования до захоронения. Принятая Кабинетом Министров Украины Стратегия обращения с РАО в качестве первоочередных задач определяет следующие три:

1. Усовершенствование актов законодательства, норм, правил и стандартов в сфере обращения с РАО.

2. Образование национальной организации по обращению с РАО, включая их продолжительное хранение и захоронение.

3. Усовершенствование механизма финансирования обращения с РАО.

Т. е. одновременно с созданием современной технической базы обращения с РАО, необходимо созданий организационно-правовой структуры, обеспечивающей эффективное использование имеющихся (создаваемых) инженерных средств.

Выше мы отмечали, что за последние годы произведены серьезные коррективы законодательной базы в части распределения регуляторных и эксплуатационных полномочий по обращению с РАО и определения источников финансирования. Однако создания структуры управления (НООРАО) и обеспечения ее эффективного функционирования пока не достигнуто. В результате, снижается и эффективность реализации общегосударственной целевой экологической Программы.

Правительством Украины и Европейской комиссией инициирован проект международного центра ядерной безопасности - U4.01/09А "Помощь министерствам и организациям ответственный за обращение с радиоактивными отходами в Украине". В рамках данного проекта предполагается получить:

рекомендации по созданию улучшенной, более эффективной и устойчивой системы администрирования деятельности по обращению с РАО в Украине;

концепцию национальной системы администрирования деятельности по обращению с РАО в Украине;

техническое задание на создание средств ИТ-поддержки для национальной системы администрирования деятельности по обращению с РАО в Украине;

рекомендации по улучшению государственной системы учета РАО;

средства и навыки по управлению программами/проектами в сфере обращения с РАО;

поддержку в адаптации современной методологии оценки безопасности объектов по обращению с РАО украинских условий и объектов;

рекомендации по совершенствованию системы подготовки кадров и повышению квалификации персонала в области обращения с РАО;

15

учебные курсы и учебные пособия, по обучению и подготовки персонала по обращению с РАО;

создание национального архива документации по обращению с РАО.

Данный проект начат в конце текущего года и будет реализован в период 2013-2015 гг.

Таким образом, в течение ближайших двух лет необходимо будет создать эффективную современную структуру управления системой обращения с РАО в стране. Конечно, это не означает, что создание технической базы системы должно отойти на второй план, намеченные Программой планы по модернизации инженерно-технической базы должны быть выполнены. Однако повышение эффективности управления позволит ускорить выполнение технических мероприятий и обеспечит гармоничное развитие системы в целом.

С момента принятия государственной Программы по РАО прошло четыре года, необходима ее корректировка, так, например, должны быть изменены формулировки отдельных подзадач и включены новые. Например, в связи с тем, что в Украине начато создание предприятия по производству ядерного топлива для реакторных установок типа ВВЕР-1000, в Программе должно быть предусмотрено обращение с РАО, которые будут образовываться при эксплуатации такого предприятия. Должно быть пересмотрено и оптимизировано финансирование отдельных задач.

При пересмотре государственной Программы должно быть также обеспечено более четкое распределение ответственности за выполнение конкретных задач, причем должна быть предусмотрена персональная ответственность членов правительства и руководителей экономических ведомств, вовлеченных в решение проблемы обращения с РАО.

Учитывая роль атомной энергетики в экономике Украины, проблема обращения с РАО должна быть решена и сделать это можно только совместными усилиями всех заинтересованных организаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Consolidated Radioactive Waste Inventory. IAEA/NEWMDB. [В Интернете] 2012 г. [Цитировано: 9 october 2012 г.] <http://newmdb.iaea.org/datacentre.aspx>.
2. Основопологающие принципы безопасности: основы безопасности. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № SF-1. - Вена: МАГАТЭ, 2007.
3. Общие требования безопасности. Государственная, правовая и регулирующая основа обеспечения безопасности. № GSR Part 1. - Вена: МАГАТЭ, 2010. STI/PUB/1465. ISBN 978- 92-0-410710-4. ISSN 1020-5845.
4. Политика и стратегии обращения с радиоактивными отходами. Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии, No. NW-G-1.1. - Вена: МАГАТЭ, 2012. STI/PUB/1396; ISBN 978-92-0-424310-9; ISSN 1995-7807.
5. Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением. МАГАТЭ, № GSR, Part л5. - Вена: МАГАТЭ, 2010b г. STI/PUB/1368. ISBN 978-92-0-415209-8. ISSN 1020-5845.
6. Захоронение радиоактивных отходов. Конкретные требования безопасности. № SSR-5. - Вена, МАГАТЭ, 2011. STI/PUB/1449. ISBN 978-92-0-420010-2. ISSN 1020-5845.
7. Хранение радиоактивных отходов. Требования по безопасности. - Вена: МАГАТЭ, 2008. STI/PUB 1254. ISBN 978-92-0-404608-3. ISSN 1020-5845.
8. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" - № 1264-XII // Відомості Верховної Ради України (ВВР), N 41, ст. 546. - К., 1991.

9. Податковий кодекс України, зі змінами і доповненнями, внесеними Законами України в 2010-2012 рр. № 2755-VI від 2 грудня 2010 р.-К.: ВРУ, 2010.

10. Положення про Державне агентство України з управління зоною відчуження. Затв. Указом Президента України № 393/2011 від 6 квітня 2011 р. - К.: Адміністрація Президента України, 2011.

11. Положення "Про порядок ведення Державного реєстру РАВ та Державного кадастру сховищ та місць тимчасового зберігання РАВ Головним інформаційно-аналітичним центром". - К.: ДАЗВ, 2012.

16

12. Стратегія поводження з радіоактивними відходами в Україні. Затв. розпорядженням Кабінету Міністрів України № 990 від 19 серпня 2009 р.

13. Положення про Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. Затв. Указом Президента України № 1430/2005 від 10 жовтня 2005 р. - К.: МНС України, 2005.

ПРО РЕАЛІЗАЦІЮ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ
ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ: ДЕРЖАВНА ЦІЛЬОВА ЕКОЛОГІЧНА ПРОГРАМА ПО ПОВОДЖЕННЮ З
РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ

М. І. Проскура, Л. І. Зінкевіч, Б. Я. Осколков

16

Представлено результати виконання державної цільової екологічної Програми по породженню з радіоактивними відходами в 2008-2011 рр. Показано основні напрямки та деякі підсумки вдосконалення системи поводження з радіоактивними відходами в Україні.

Ключові слова: радіоактивні відходи, ядерна енергетика, цільова екологічна програма.

REALIZATION OF THE STATE POLICY IN THE FIELD OF RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT
IN UKRAINE: STATE TARGET ENVIRONMENTAL PROGRAM FOR RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT

M. I. Proskura, L. I. Zinkevich, B. Ja. Oskolkov

The results of the implementation of State target environmental program for radioactive waste management in 2008 - 2011 are given. The basic directions and some results of improvement of radioactive waste management system in Ukraine are shown.

Keywords: radioactive waste, nuclear energy, target environmental program.

17

УДК 504.06:621.039.76](477)

ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ
СТРАТЕГИИ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В УКРАИНЕ

В. М. Шестопалов¹, Н. И. Проскура², Ю. А. Шибецкий¹, В. С. Голубев³, Б. Г. Шабалин³

¹Научно-инженерный центр радиогидрогеоэкологических полигонных исследований НАН Украины, Киев

²Государственное агентство Украины по управлению зоной отчуждения, Киев

³Институт геохимии окружающей среды НАН Украины, Киев

Представлено обоснование оптимального варианта решения проблем обращения с радиоактивными отходами в Украине, на основе которого была разработана и утверждена соответствующая национальная стратегия. Показано, что на содержание утвержденной стратегии значительное влияние оказала специфика задач обращения с радиоактивными отходами, которые образовались вследствие аварии на ЧАЭС, а также задач по ликвидации последствий этой аварии.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, национальная стратегия, хранилища РАО.

Введение

Широкое использование ядерной энергии в Украине, начавшееся в 50-х годах XX ст., сопровождается образованием радиоактивных отходов (РАО), различных по активности, изотопному составу и агрегатному состоянию. Безопасное обращение с этими отходами является составной и очень важной частью общей системы обеспечения безопасности при использовании ядерной энергии. Украина унаследовала от бывшего СССР инфраструктуру обращения с РАО, которая отвечала существовавшему в то время подходу к утилизации отходов. Главными особенностями этого подхода были минимизация затрат на переработку и захоронение отходов и недооценка масштаба проблем, решение которых возлагалось на будущие поколения.

Твердые РАО, образующиеся на АЭС, наиболее крупных производителях отходов практически не перерабатывались и вообще не захоранивались. Отходы накапливались в хранилищах, проекты которых даже не предусматривали их дальнейшее извлечение. РАО неядерного сектора (с 70-х годов XX ст.) захоранивались без переработки в приповерхностных хранилищах простейших типов, не предусматривающих многобарьерной системы обеспечения безопасности захоронения.

Ситуация с РАО многократно усложнилась после Чернобыльской катастрофы, в результате которой образовались сотни тысяч кубических метров РАО, содержащих в числе прочих долгоживущие радионуклиды.

Меры, принимавшиеся по отдельным аспектам обращения с РАО, носили в значительной мере разрозненный характер.

За время независимости в Украине, на основе рекомендаций МАГАТЭ и других международных организаций, аккумулировавших опыт стран, имеющих большую практику и развитую инфраструктуру для безопасного обращения с РАО, подходы к обеспечению безопасности при обращении с РАО были пересмотрены. Новые подходы нашли соответствующее отражение в национальных законодательных и нормативно-правовых актах. Но в целом практика обращения с РАО в Украине не претерпела кардинальных изменений. Исключением являются сооружаемые в настоящее время на средства международной технической помощи объекты для переработки и захоронения РАО ЧАЭС.

Учитывая масштабы существующих проблем, их разрешение возможно путем реализации государственной политики в сфере обращения с РАО на основе создания целостной государственной системы обращения с РАО, обеспечивающей экологическую безопасность нынешнего и будущих поколений.

© В. М. Шестопапов, Н. И. Проскура, Ю. А. Шибецкий, В. С. Голубев, Б. Г. Шабалин, 2012

18

Одной из важнейших задач создания государственной системы обращения с РАО является формирование инфраструктуры, позволяющей осуществлять полный цикл обращения со всеми категориями и типами РАО от их образования до захоронения. При этом именно захоронение РАО является конечной целью, обеспечивающей безопасность для будущих поколений.

К основным элементам такой инфраструктуры относятся: законодательные и нормативно-правовые акты, регулирующие деятельность в области обращения с РАО; органы государственного управления и государственного регулирования; специализированные предприятия, осуществляющие кондиционирование, хранение и захоронение отходов; оборудование и технологии для сбора, сортировки, переработки и упаковки отходов; оборудование и упаковочные комплекты для перевозки отходов; хранилища для хранения отходов; хранилища для захоронения отходов; механизм финансирования как текущего обращения с отходами, так и создания новых объектов (установок) для их переработки, хранения и захоронения.

Учитывая исключительную сложность, огромный объем, разнообразие и длительность необходимых работ и исследований для комплексного решения проблемы РАО, постепенно стала очевидной необходимость создания Стратегии обращения с РАО в Украине.

Инициаторами разработки Стратегии выступили Министерство Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы и Министерство топлива и энергетики Украины. Основой для разработки Стратегии являются результаты выполнения проекта TACIS U4.03/04: "Разработка национальной стратегии и концепции для Государственной программы обращения с радиоактивными отходами в Украине (часть 1), в том числе - стратегии обращения с радиоактивными отходами НАЭК «Энергоатом» (часть 2)" в рамках контракта с Европейской комиссией № 2006/099-685. Этот проект выполнялся международным Консорциумом, лидером которого выступала компания DBE Technology (Германия). В Консорциум входили компании: ANDRA (Франция), COVRA (Нидерланды), SKB (Швеция) и NDA

(Великобритания). Со стороны Украины привлекались эксперты из НАН Украины от Научно-инженерного центра радиогидрогеоэкологических полигонных исследований, Института геохимии окружающей среды и Института проблем безопасности АЭС.

Данная Стратегия была утверждена распоряжением Кабинета Министров Украины № 990 от 19 августа 2009 г. [1]. К сожалению, объем утвержденного документа не позволил в полной мере обосновать логику предложенных в Стратегии решений, а также уникальное положение Стратегии (как документа, определяющего единую техническую политику по обращению с РАО) в системе национальных законодательных и нормативных документов. В утвержденном документе не нашло отражение обоснование необходимости принятия Стратегии на законодательном уровне. Сомнения же в целесообразности принятия Стратегии неоднократно высказывались во время ее обсуждения, поскольку к тому времени уже был принят закон Украины об общегосударственной целевой экологической программе обращения с РАО [2].

На содержание утвержденной Стратегии в части предлагаемых решений, перечня направлений работ, их очередности и взаимосвязи, а также на рекомендации о месте¹⁸ расположения вновь создаваемых объектов по обращению с РАО значительное влияние оказала специфика задач обращения с РАО, которые образовались вследствие аварии на ЧАЭС, а также задач по ликвидации последствий этой аварии.

Главным принципом, который был положен в основу планирования при разработке Стратегии, является подчинение всех направлений деятельности и мероприятий по их реализации конечной цели обращения с РАО, а именно их захоронению в центральных хранилищах [3]. Системное воплощение этого принципа предполагает информационную согласованность всех видов работ, которые выполняются как на конкретном этапе Стратегии, так и на протяжении всего срока ее реализации.

19

Далее приводятся краткий анализ проблем обращения с РАО в Украине, обоснование выбора и описание логики реализованного в Стратегии [1] варианта обращения с РАО в Украине, а также анализ влияния специфики обращения с РАО чернобыльского происхождения на утвержденную Стратегию.

Современное состояние и проблемы обращения с РАО

Радиоактивные отходы. Здесь нет нужды приводить детальные данные об объемах, активности и свойствах РАО, накопленных в Украине. Такого рода информация регулярно публикуется в национальных докладах (например, [4]). Более важно идентифицировать основные проблемы и нерешенные вопросы в области обращения с РАО, а также оценить масштабы и сложность решения некоторых проблем. По источникам происхождения РАО Украины могут быть разделены условно на отходы ядерного сектора; отходы промышленности, медицины и науки; отходы, возникшие вследствие аварии на ЧАЭС.

Наиболее масштабной и сложной задачей для Украины является безопасное обращение с отходами чернобыльского происхождения. Масштабность проблемы определяется огромными количествами отходов (рис. 1, а). Доля таких отходов составляет приблизительно 95 % всего объема РАО Украины. Так, около 2 млн. м³ РАО различных уровней активности находятся в пунктах захоронения РАО (ПЗРО) и пунктах временной локализации РАО (ПВЛРО) зоны отчуждения (ЗО). По разным оценкам к долгосуществующим может быть отнесено от 11 до 37 тыс. м³ этих отходов. Кроме этого, свыше 600 тыс. м³ находятся на объекте «Укрытие». Приблизительно 44 тыс. м³ этих отходов являются долгосуществующими. Значительное количество загрязненного грунта, строительного мусора и техники (около 500 тыс. м³) находятся в пределах промплощадки ЧАЭС. Вне ЗО хранятся приблизительно 170 тыс. м³ РАО, которые возникли при выполнении работ по дезактивации транспорта и территорий после аварии на ЧАЭС. Значительная часть РАО чернобыльского происхождения хранится в условиях, которые не в полной мере отвечают нормам, правилам и стандартам радиационной безопасности.

Радионуклидный состав отходов чернобыльского происхождения представлен полным спектром радионуклидов, характерных для отработавшего ядерного топлива реактора РБМК. При существующей в Украине классификации отходов большая часть отходов чернобыльского происхождения относится к долгосуществующим [5] и, в соответствии с законодательством, должна быть захоронена в геологическом хранилище, что требует значительных финансовых и временных ресурсов.

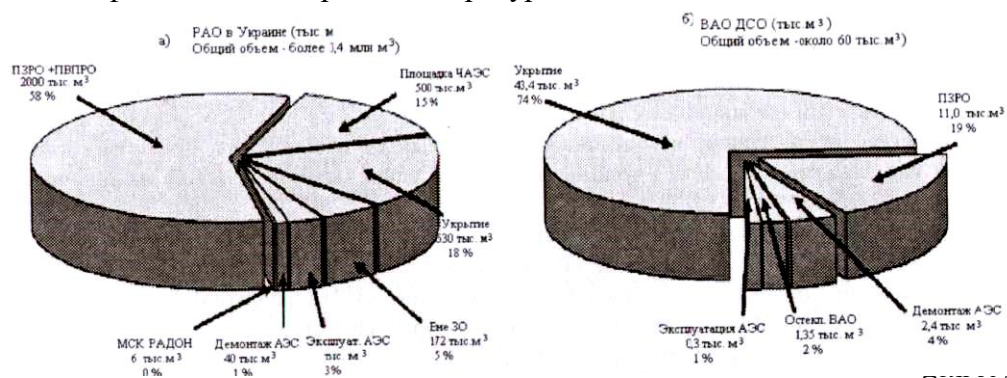


Рис. 1. деление РАО в Украине по месту происхождения и классификации: а - общее количество РАО; б - высокоактивные и долгосуществующие

РАО. Цифры под названием источника отходов указывают их объем [тыс. м³] и процентную долю.

Сокращения: МСК - межобластной специализированный комбинат; ВАО - высокоактивные РАО; ДСО - долгосуществующие РАО.

20

Захоронение низко - и среднеактивных отходов чернобыльского происхождения производится для очень ограниченной части отходов в хранилище «Буряковка». Всего в хранилище «Буряковка» было захоронено около 650 тыс. м³ РАО, в основном образовавшихся в результате дезактивации территорий ЗО.

Технологии и установки для сбора, переработки и транспортирования отходов, находящихся в нескольких сотнях временных хранилищах в ЗО, не разработаны. Инвентаризация РАО проведена лишь для половины площадей, где размещены такие хранилища.

В настоящее время в ЗО сооружаются хранилища комплекса «Вектор» (первая очередь) для захоронения РАО чернобыльского происхождения. Захоронение РАО других производителей в хранилищах комплекса «Вектор» будет возможно только после сооружения его второй очереди, находящейся в стадии проектирования. Критерии приемки этих отходов на захоронение пока не установлены.

С целью переработки и кондиционирования отходов, накопившихся на площадке ЧАЭС, а также отходов, которые будут образовываться при снятии энергоблоков № 1-3 ЧАЭС с эксплуатации, на площадке станции сооружаются завод по переработке жидких РАО (ЖРО) и промышленный комплекс по обращению с твердыми РАО (ТРО). Захоронение этих отходов предусматривается в хранилище «Лот-3», сооружение которого завершено в 2007 г.

Следует отметить также, что на промплощадке ЧАЭС в настоящее время хранится приблизительно 2500 т отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторов РБМК. В Украине ОЯТ не отнесено к РАО. В стране реализуется так называемое «отложенное решение» в отношении обращения с ОЯТ [6], предполагающее его хранение в течение 50 лет с последующим принятием решения о переработке или захоронении. Однако вследствие общей тенденции сворачивания программ переработки ОЯТ в мире и низкого остаточного обогащения ОЯТ РБМК это топливо вряд ли будет когда-либо перерабатываться. Иными словами, прямое его захоронение в глубинном хранилище является единственным вариантом окончательного решения проблемы безопасного обращения.

Помимо ОЯТ РБМК в ЗО сконцентрированы практически все из накопленных ныне в Украине долгосуществующие РАО, из которых до 95 % объемов имеют чернобыльское происхождение (см. рис. 1, б).

Текущая эксплуатация АЭС Украины сопровождается образованием ТРО и ЖРО. Вклад АЭС в текущее образование РАО в Украине составляет около 95 %.

Все первичные ЖРО, кроме отработавших ионообменных смол и шламов, смешиваются и выпариваются. Результатом переработки являются концентрированные солевые растворы (кубовый остаток) с содержанием солей от 400 до 600 г/л. Кубовый остаток вносит основной вклад в общий объем ЖРО. На всех АЭС Украины (кроме Южно-Украинской) ЖРО подвергаются глубокому упариванию. Результатом этого является солевой плава. Условия хранения солевого плава не в полной мере соответствуют требованиям безопасности. Отработанные ионообменные смолы (пульпа) и шламы хранятся без переработки в металлических емкостях. Удельное образование кубового остатка на АЭС Украины в последние годы составляет в среднем 35,1 м³ на 1 млрд. кВт-ч выработанной электроэнергии.

Заполнение хранилищ ЖРО на АЭС Украины составляет от 21 % (Хмельницкая АЭС) до 76 % (Ровенская АЭС) от проектного объема. Ситуация с хранением солевого плава является неблагоприятной. Секции хранилищ для его хранения имеют ограниченную вместимость. Срок хранения бочек-контейнеров не превышает 30 лет. Таким образом, в ближайшее время проблема хранения и захоронения солевого плава приобретет²⁰ исключительную остроту.

Среднее удельное образование ТРО составляет 27 м³ на 1 млрд. кВтч выработанной электроэнергии. В целом наблюдается высокая степень заполнения хранилищ ТРО (от 30 до 70 %). Проектные объемы хранилищ ТРО не рассчитаны на продление срока эксплуатации энергоблоков. Кроме этого, на АЭС хранятся отработавшие источники ионизирующего излучения (ИИИ).

21

В соответствии с исходными проектами АЭС ТРО не сортировались и не перерабатывались, а хранились в основном навалом в ячейках хранилищ ТРО. В скором будущем к этим отходам добавятся ВАО от переработки в Российской Федерации ОЯТ украинских реакторов ВВЭР-440. Ожидаемое количество остеклованных отходов может составить около 180 м³. В дальнейшем количество остеклованных ВАО может возрасти, если в Российской Федерации начнется переработка ОЯТ ВВЭР-1000.

Технологии переработки отходов, применяющиеся на АЭС Украины, не обеспечивают переработку всех видов отходов и их кондиционирование до состояния, пригодного для передачи на захоронение. Не установлены критерии принятия РАО АЭС на захоронение и не сооружены хранилища для их захоронения. Такая ситуация вызвана отсутствием в прошлом единой стратегии обращения с РАО, а также недостаточностью финансирования, хотя в последние годы прикладываются значительные усилия по усовершенствованию обращения с отходами на АЭС, в частности путем создания на каждой из АЭС комплексов по переработке ТРО.

Проектный срок эксплуатации энергоблока АЭС в Украине составляет 30 лет. В соответствии с "Энергетической стратегией Украины на период до 2030 года" планируется продление срока эксплуатации энергоблока до 45 лет. Первым энергоблоком, выводимым из эксплуатации, в 2025 г. станет блок № 1 Ровенской АЭС. В соответствии с выполненными оценками, при снятии с эксплуатации действующих энергоблоков с реакторами ВВЭР ожидается образование следующих объемов переработанных ТРО (тыс. м³): низкоактивных - 34,4; среднеактивных - 4,6; высокоактивных - 2,4.

Обращение с РАО неядерного сектора (промышленность, медицинские и научные учреждения) является сферой ответственности корпорации УкрГО «Радон». В приповерхностных хранилищах спецкомбинатов корпорации на пяти разных площадках захоронено без сортировки, переработки и кондиционирования около 5000 м³ твердых низко- и среднеактивных РАО. Эти отходы содержат широкий спектр как коротко-, так и долгоживущих радионуклидов. Хранилища РАО не отвечают современным требованиям безопасности.

В специальных приповерхностных хранилищах спецкомбинатов захоронено приблизительно 262000 отработавших ИМИ. Безопасность этих хранилищ также нуждается в

переоценке. По результатам переоценки безопасности хранилищ специализированных комбинатов может потребоваться перезахоронение всех (или части) ранее захороненных отходов в хранилища, отвечающие современным требованиям безопасности.

В настоящее время захоронение РАО на специализированных комбинатах корпорации «УкрГТО «Радон» не производится. Вновь поступающие РАО хранятся в непереработанном состоянии. Кроме этих отходов, на хранении находятся также 13 высокоактивных радиоизотопных термоэлектрогенераторов (РИТЭГ) и около 650 м³ ЖРО в хранилищах-цистернах.

В Украине (в Киеве и Севастополе) эксплуатируются два исследовательских реактора. На территории страны имеется несколько хранилищ РАО, которые образовались при выполнении оборонных программ.

Организация обращения с РАО в Украине. В Украине компетенция и ответственность в сфере обращения с РАО распределяются следующим образом. Верховная Рада Украины принимает решения о размещении, проектировании и строительстве объектов по обращению с РАО, имеющих общегосударственное значение. Кабинет Министров Украины принимает решения о размещении, проектировании, строительстве, эксплуатации и снятии с эксплуатации объектов по обращению с РАО и закрытии хранилищ для захоронения, кроме тех объектов, которые относятся к компетенции Верховной Рады Украины.

Министерство топлива и энергетики Украины (Минтопэнерго) осуществляет государственное управление в сфере обращения с РАО на АЭС Украины, включая координацию по строительству и эксплуатации объектов по обращению с РАО на АЭС.

22

Фактически это противоречит требованию законодательства Украины о разделении сфер государственного управления в областях использования ядерной энергии и обращения с РАО.

Министерство Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы (МЧС) осуществляет государственное управление в сфере обращения с РАО вне сферы ядерной энергетики, включая координацию работ по строительству и эксплуатации объектов по хранению и захоронению РАО.

Министерство здравоохранения Украины устанавливает регламенты радиационной безопасности, осуществляет надзор за соблюдением санитарных норм и правил радиационной безопасности, а также выдачу санитарных паспортов на объекты по обращению с РАО.

Государственный комитет ядерного регулирования Украины устанавливает нормативные критерии соблюдения норм ядерной и радиационной безопасности, выдает лицензии на осуществление деятельности по обращению с РАО, осуществляет надзор за соблюдением требований законодательных и нормативно-правовых актов и условий выданных лицензий, включая меры принуждения.

Начиная с 1996 г., деятельность по обращению с РАО осуществлялась в соответствии с несколькими программами обращения с РАО. Эти программы имели различный статус: программа 1996 г. - общегосударственный, а программа 2002 г. - отраслевой. Важно то, что в рамках данных программ планирование осуществлялось на пятилетнюю перспективу, что далеко не всегда обеспечивало преемственность в достижении целей обращения с РАО.

Практическую деятельность по обращению с РАО осуществляют предприятия Минтопэнерго и МЧС Украины в рамках их компетенции. На предприятиях Минтопэнерго (АЭС) осуществляется сбор (для части отходов - их предварительная переработка), а также хранение РАО всех категорий и типов. Предприятия МЧС Украины осуществляют хранение непереработанных РАО промышленности, медицины, научно-исследовательских организаций, а также захоронение части РАО чернобыльского происхождения. Кондиционирование РАО до состояния, пригодного для захоронения, не осуществляется. Критерии приемки РАО на захоронение не установлены. Хранилища для захоронения РАО, кроме РАО чернобыльского происхождения, не сооружены и в настоящее время не проектируются.

Актуальной является проблема обращения с долгосуществующими и высокоактивными отходами, так как отсутствует инфраструктура для их переработки, хранения и захоронения.

Существующая система обращения с РАО в Украине не ориентирована на захоронение РАО всех типов и уровней активности, не определена организация, ответственная за разработку и реализацию технической политики в области захоронения РАО.

Финансирование обращения с РАО. Ко времени разработки Стратегии в Украине сложилась следующая ситуация в финансировании обращения с отходами. Затраты на обращение с РАО на АЭС согласно действующему законодательству включаются в стоимость электроэнергии. Обращение с отходами исследовательских ядерных реакторов финансируется из государственного бюджета Украины. Работы по снятию с эксплуатации энергоблоков № 1-3 ЧАЭС финансируются из государственного бюджета, а также за счет средств программ международной технической помощи. Работы по обращению с РАО на предприятиях корпорации УкрГО «Радон» (включая строительство комплекса «Вектор») и на ГСП «Комплекс» финансируются из государственного бюджета Украины. Частично² обращение с РАО на предприятиях корпорации УкрГО «Радон» финансируются также за счет средств предприятий и организаций, направляющих РАО на хранение в УкрГО «Радон».

23

Бюджетного финансирования достаточно лишь для поддержания достигнутого уровня безопасности объектов по обращению с РАО, финансируемых из государственного бюджета. Выполнение модернизации, реконструкции и строительства новых хранилищ, других объектов инфраструктуры обращения с РАО, а также реализация мероприятий по повышению безопасности финансируются по остаточному принципу.

Не осуществляется резервирование средств на покрытие предстоящих расходов по хранению и захоронению РАО, которые накапливаются на предприятиях-производителях РАО. Вопреки требованию законодательства не создан специальный государственный фонд по обращению с РАО. Не определен также порядок отчислений средств в указанный фонд производителями РАО.

Основные выводы. К настоящему времени в Украине накоплены значительные объемы РАО. Объемы РАО и темпы их накопления в дальнейшем будут увеличиваться в связи с продлением срока эксплуатации и снятием с эксплуатации действующих энергоблоков и вводом в эксплуатацию новых энергоблоков АЭС. До 95 % накопленных ныне объемов РАО (как коротко-, так и долгосуществующих) имеют чернобыльское происхождение и находятся в хранилищах на территории ЗО. Здесь же расположены вновь создаваемые хранилища для захоронения короткосуществующих отходов и существуют благоприятные условия для глубинного захоронения долгосуществующих отходов (рис. 2).

Вклад АЭС в текущее образование РАО в Украине составляет около 95 %. Преобладающее их количество находится в несортированном и непереработанном виде или подвергнуто предварительной переработке без ясной перспективы их дальнейшего кондиционирования и захоронения. На АЭС не осуществляется разделение отходов на коротко- и долгосуществующие.

Продолжается накопление в непереработанном виде РАО неядерного сектора на специализированных комбинатах корпорации УкрГО «Радон». Их захоронение не осуществляется. Безопасность захороненных РАО не подтверждена.

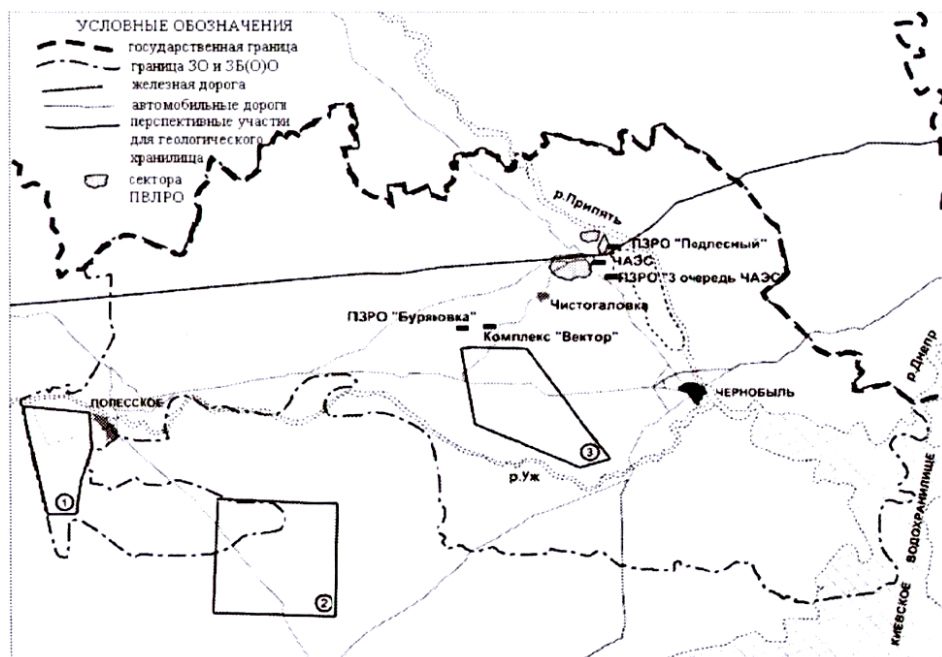


Рис. 2. Схема расположения хранилищ РАО на территории ЗО.

Цифрами обозначены участки, перспективные для размещения геологического хранилища: 1 - Жовтневый; 2 - Вереснянский; 3 - Новоселковский.

24

Не решены вопросы организации хранения и захоронения ВАО от переработки в Российской Федерации ОЯТ украинских АЭС и долгосуществующих отходов чернобыльского происхождения.

Существующая система обращения с РАО не ориентирована на окончательное захоронение всех типов и категорий РАО. Не определена организация, которая наделена ответственностью за разработку и реализацию технической политики в области захоронения всех имеющихся типов РАО.

Не обеспечивается стабильное финансирование проектирования, строительства и эксплуатации объектов инфраструктуры для кондиционирования, упаковки, хранения и захоронения РАО и не создан специальный государственный фонд по обращению с РАО.

Действующая в стране классификация РАО обеспечивает безопасность обращения с РАО на этапах их сбора и хранения, однако является экономически малоэффективной с точки зрения достижения конечной цели обращения с РАО - их безопасного захоронения.

Деятельность по обращению с РАО финансируется по остаточному принципу в размере, позволяющем обеспечивать только минимально приемлемый уровень безопасности. Государственные инвестиции в модернизацию инфраструктуры обращения с РАО практически не осуществлялись, переоценка безопасности хранилищ не производилась. Только в последние годы начался выпуск некоторых типов контейнеров для хранения РАО. Перевозка РАО до сих пор не обеспечена сертифицированными упаковочными комплектами.

Таким образом, можно констатировать, что большинство проблем обращения с РАО в Украине возникает из-за отсутствия единой государственной политики, позволяющей на системной основе решать вопросы обращения с РАО (включая их захоронение) как в отношении уже накопленных, так в отношении образующихся и перспективных потоков отходов всех типов и уровней активности.

Обоснование оптимального варианта стратегии

Было рассмотрено три стратегических варианта решения проблем в сфере обращения с РАО. Варианты принципиально отличались техническими решениями, затратами на реализацию, надежностью обеспечения долговременной защиты населения и окружающей среды от вредного влияния ионизирующих излучений, степенью соответствия требованиям

национального законодательства и передовой международной практике, рисками для устойчивого развития общества. Условными названиями этих вариантов являются: «нулевой», «хранение» и «захоронение».

Вариант «нулевой». Решение проблемы осуществляется путем сохранения существующей в стране практики обращения с РАО. Основным принципом государственной политики для данного варианта является обеспечение достигнутого уровня радиационной безопасности существующих объектов обращения с РАО (и тех, которые уже создаются) без дальнейшего его повышения. Для реализации данного варианта понадобится приблизительно 10 лет. Финансирование обращения с РАО осуществляется по существующей схеме, т.е. реализация варианта не требует увеличения бюджетных расходов. Затраты на реализацию составят около 700 млн. грн.

Вариант характеризуется ростом потенциальных радиационных рисков для персонала объектов обращения с РАО, населения и окружающей среды. Это связано с продолжением накопления в стране различных типов и категорий отходов, увеличением количества хранилищ и увеличением потенциальных рисков радиационных аварий. ²⁴

Реализация этого варианта приведет к росту социальной напряженности, поскольку не будут созданы условия для ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы.

Данный вариант не устраняет препятствия для устойчивого развития ядерной энергетики, так как не будут созданы условия для: продолжения сроков эксплуатации существующих энергоблоков АЭС, решения проблем хранения и захоронения ВАО от переработки в Российской Федерации ОЯТ украинских АЭС, а также для снятия с эксплуатации и демонтажа энергоблоков, которые выработали свой ресурс.

25

Реализация варианта может нанести не прямой ущерб государственному бюджету, так как останется высокая вероятность останова работающих энергоблоков (и соответственного уменьшения поступлений в бюджет от продажи электроэнергии) вследствие исчерпания емкости пристанционных хранилищ РАО. К потенциальному не прямому ущербу относятся также расходы на ликвидацию возможных радиационных аварий и потери выгод от дальнейшего экономического использования загрязненных территорий. Это создает угрозу устойчивому развитию общества.

Вариант не отвечает требованиям национального законодательства и принципам обращения с РАО, которые определены МАГАТЭ. Он не гарантирует гражданам Украины их конституционного права на здоровую окружающую среду и создает экономическое бремя для будущих поколений. В силу этого вариант не содействует улучшению международного имиджа Украины.

В данном варианте отсутствуют механизмы компенсации или устранения обозначенных выше рисков.

Вариант «хранение». Решение проблемы осуществляется путем усовершенствования и развития инфраструктуры обращения с РАО с целью захоронения низко- и среднеактивных короткосуществующих РАО, а также хранения на протяжении неопределенного срока ВАО и ДСО. Глубинное хранилище для захоронения указанных РАО не создается. Основным принципом государственной политики для этого варианта Стратегии является повышение уровня радиационной безопасности существующих объектов обращения с РАО путем внедрения передовых технологий хранения и захоронения части РАО в централизованном поверхностном хранилище, что даст частичное повышение защищенности населения и окружающей среды вследствие сокращения на территории Украины количества объектов по захоронению РАО.

Некоторые мероприятия этого варианта могут быть реализованными в течение 20 - 25 лет (строительство комплекса хранилищ для поверхностного захоронения РАО). Часть мероприятий по обращению с эксплуатационными и с РАО от снятия с эксплуатации АЭС будут длиться порядка 50 лет. Однако отдельные мероприятия (хранение ВАО и ДСО)

необходимо будет выполнять более 100 лет. Затраты на реализацию варианта составят более 21 млрд. грн.

Вариант характеризуется частичным снижением радиационных рисков для персонала объектов обращения с РАО, населения и окружающей среды вследствие сокращения сроков хранения короткосуществующих РАО на площадках их производителей и частичным сокращением количества хранилищ на территории страны.

Реализация варианта лишь частично снизит социальное напряжение, так как не будут созданы условия для полной ликвидации последствий Чернобыльской аварии и ремедиации загрязненных территорий.

Вариант снимет преграды для устойчивого развития ядерной энергетики, так как будут созданы условия для продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС, для решения проблемы хранения ВАО от переработки ОЯТ украинских АЭС, а также для снятия с эксплуатации энергоблоков, исчерпавших свой ресурс. Однако в перспективе произойдет существенное увеличение сроков демонтажа энергоблоков АЭС, а также возникнут препятствия для извлечения топливосодержащих материалов (ТСМ) из объекта «Укрытие» и долгосуществующих РАО, хранящихся в хранилищах ЗО.

Реализация варианта связана с увеличением эксплуатационных расходов на хранение РАО и необходимостью периодической (каждые несколько десятков лет) переупаковки кондиционированных РАО и перемещения их в новые хранилища.

Вариант не позволяет создать экономически эффективную целостную и завершенную систему обращения с РАО и создает определенные трудности для проведения единой политики в отношении обращения с РАО.

26

Вариант не полностью отвечает требованиям действующего законодательства и международным принципам, поскольку не ориентирован на окончательное захоронение всех типов и категорий РАО и на ограничение времени их пребывания на площадках предприятий-производителей. Экономическое бремя захоронения наиболее опасных РАО перекладывается на будущие поколения. Вариант не полностью устраняет препятствия для европейской интеграции Украины.

Данный вариант предполагает определенные механизмы компенсации вышеупомянутых рисков. Однако их компенсация потребует достаточно большого финансирования. При этом период получения прибылей от использования ядерных технологий будет более коротким по сравнению со сроками финансирования обращения с наработанными РАО.

Вариант «захоронение». Решение проблемы осуществляется путем завершения создания в стране целостной и экономически эффективной системы обращения с РАО, что позволит реализовать безопасное обращение и захоронение всех типов и категорий РАО (накопленных в предыдущие периоды, возникающих ныне при использовании ядерной энергии и тех, которые возникнут в будущем) при рациональном использовании, финансовых, технических и кадровых ресурсов. Кардинальным отличием данного варианта от предыдущего является обязательное создание хранилища в глубоких стабильных геологических формациях (геологического или глубинного хранилища) для захоронения высокоактивных и долгосуществующих РАО. Основным принципом государственной политики является повышение уровня радиационной безопасности существующих и создаваемых объектов обращения с РАО путем внедрения передовых технологий кондиционирования всех типов и категорий РАО для их дальнейшего захоронения, а также существенное повышение защищенности населения и окружающей среды (до уровня международных стандартов) путем минимизации образования РАО, уменьшения сроков их нахождения на площадках производителей; сокращения сроков хранения РАО и сокращения количества хранилищ РАО на территории Украины до необходимого минимума.

Этот вариант может быть реализованным в течение приблизительно 50 лет. Финансирование деятельности будет осуществляться за счет государственного бюджета и

фонда по обращению с РАО, который будет пополняться за счет отчислений производителей РАО. Реализация этого варианта требует наибольших затрат (до 36 млрд. грн.) по сравнению с предыдущими вариантами.

Вариант лишен основных недостатков и рисков, присущих вариантам «нулевой» и «хранение», так как:

- характеризуется максимально возможным (с учетом экономической целесообразности) снижением радиационных рисков для персонала объектов обращения с РАО, населения и окружающей среды;

- позволит существенно снизить напряжение в обществе, поскольку будут созданы все необходимые условия для полной ликвидации последствий чернобыльской катастрофы, в том числе, для извлечения ТСМ из объекта "Укрытие" и долгосуществующих РАО из ПЗРО ЗО;

- снимет преграды для устойчивого развития ядерной энергетики, так как будут созданы условия для продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС; строительства новых энергоблоков; снятия с эксплуатации и демонтажа энергоблоков, отработавших свой ресурс; решения проблемы хранения и захоронения ВАО и ДСО;

- реализация варианта связана с оптимизацией эксплуатационных затрат на хранение и захоронение РАО;

- позволит создать экономико-эффективную целостную и завершенную систему обращения с РАО;

- в полной мере отвечает требованиям действующего законодательства и международным принципам безопасного обращения с РАО;

- полностью устраняет препятствия для европейской интеграции Украины.

27

Вариант характеризуется также некоторыми рисками. Так, в обществе может возникнуть негативное отношение к повышению тарифов на электроэнергию с целью пополнения фондов, опасения о возможных злоупотреблениях средствами Фонда, невосприятие решений о размещении объектов обращения и захоронения РАО на территории страны. Однако эти риски могут быть компенсированными в полной мере путем проведения соответствующей разъяснительной работы.

В силу этого вариант «захоронение» лег в основу утвержденной Кабинетом Министров Украины Стратегии обращения с радиоактивными отходами в Украине.

Особенности стратегии

Приоритеты стратегии:

- внесение необходимых изменений в законодательные и нормативно-правовые акты, регулирующие деятельность в сфере обращения с РАО, в том числе в части уточнения распределения ответственности и полномочий вовлеченных ведомств и организаций, организационного и финансового обеспечения практической деятельности по обращению с РАО, изменений к действующей классификации РАО с учетом обеспечения безопасности и эффективности при их хранении и захоронении;

- создание действенной государственной организации по обращению с РАО (национальной организации), в обязанности которой должны входить захоронение РАО всех типов и уровней активности, а также хранение ВАО и ДСО;

- создание фонда по обращению с РАО и стабильного финансового обеспечения деятельности по хранению и захоронению РАО;

- учет и использование передового международного опыта и наилучшей практики обращения с РАО;

- максимально полное использование возможностей существующей и планируемой в Украине инфраструктуры по обращению с РАО.

Стратегия направлена на построение системы обращения с РАО, нацеленной на экономически эффективное захоронение всех потоков РАО страны в централизованных

хранилищах. Это обеспечит сокращение сроков хранения РАО на площадках производителей РАО, а также уменьшение (до необходимого минимума) количества хранилищ РАО на территории Украины.

Важнейшие стратегические решения. Предусматривается осуществление предварительной переработки и кондиционирования всех потоков РАО на площадках предприятий, где они образуются, или на соответствующих региональных установках специализированных предприятий по обращению с РАО. Далее кондиционированные и упакованные отходы в соответствии с установленными критериями приемки упаковок отходов должны передаваться для захоронения (при необходимости, и для хранения) национальной организации, которая станет оператором централизованных хранилищ для захоронения РАО всех типов и уровней активности.

На площадках АЭС предусматривается усовершенствование системы обращения с РАО. Это предполагает создание унифицированных комплексов по их переработке и установок кондиционирования для уже накопленных и ожидаемых эксплуатационных РАО, а также РАО от снятия с эксплуатации энергоблоков, с целью их последующей передачи на захоронение в централизованные хранилища. Создаваемые комплексы должны обеспечить широкий спектр технологических операций: извлечение непереработанных РАО из хранилищ, сортировку, фрагментирование, суперпрессование, сжигание, цементирование, дезактивацию и паспортизацию упаковок. Переработка отходов на АЭС должна обеспечить соответствие кондиционированных РАО критериям приемки на захоронение.

Переработку и кондиционирование РАО промышленности, медицины, науки и военных объектов (в том числе источников ионизирующего излучения) предполагается осуществлять на новых и реконструированных региональных установках специализированных комбинатов корпорации УкрГО «Радон» с последующим

28

хранением и захоронением кондиционированных РАО в централизованных хранилищах. По результатам переоценки безопасности законсервированных хранилищ спецкомбинатов возможно перезахоронение ранее захороненных отходов в централизованных хранилищах, отвечающих современным требованиям безопасности. Для этого необходимо разработать технологию перезахоронения и соответствующее оборудование.

Предполагается провести переоценку безопасности хранилищ РАО черныбыльского происхождения (включая отходы находящиеся в ПЗРО, ПВЛРО, а также в хранилищах отходов дезактивации). Если их безопасность не будет подтверждена, предполагается перезахоронить указанные РАО в централизованных хранилищах. Переоценку необходимо произвести с учетом предварительно проведенных изменений в классификации РО, а также с учетом существующей радиационной обстановки в ЗО и прогноза ее изменения. Это позволит принять экономически взвешенное решение о перечне хранилищ, нуждающихся в перезахоронении. Перезахоронение РАО потребует создания оборудования и технологий для извлечения, переработки и кондиционирования РАО черныбыльского происхождения.

Должны быть разработаны и созданы инфраструктура для перевозки РАО, а также унифицированный контейнерный парк для перевозки, хранения и захоронения отходов всех типов и уровней активности.

Необходимо безотлагательно создать хранилище для хранения ВАО от переработки в Российской Федерации ОЯТ украинских АЭС.

Предлагается создать комплекс централизованных хранилищ для захоронения всех РАО, включая поверхностное хранилище для очень низкоактивных отходов (ОНАО), поверхностное или приповерхностное хранилище для краткосуществующих низко- и среднеактивных отходов (КС НСАО) и хранилище в глубоких геологических формациях для высокоактивных (ВАО) и долгосуществующих низко- и среднеактивных (ДС НСАО) отходов.

Централизованное хранилище для захоронения ОНАО на базе ПЗРО «Буряковка» (рис. 3), а также централизованное хранилище для захоронения КС НСАО на базе хранилищ первой и второй очередей комплекса производств «Вектор» (рис. 4) предполагается создать с учетом

Слой рыхлой почвы, 1,0 м

Выравнивающий слой, 0,2 м

Глиняный слой, 0,5 м

радиоактивные отходы

6,0 м

Глиняный слой, 1,0 м

-0,4 м

Песчаный слой, 0,6 м

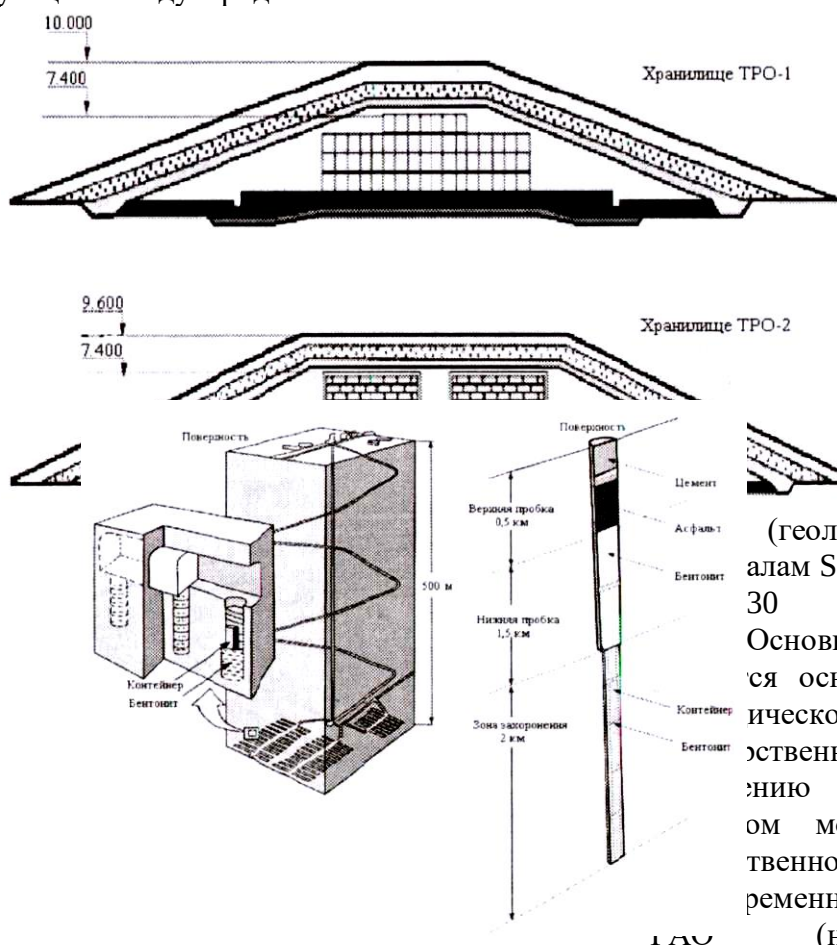
21,4 м

16,0 м

21,4 м

29

объеме. Для снижения расходов на создание геологического хранилища предполагается ограничиться созданием подземной экспериментальной лаборатории (ПЭЛ) на площадке будущего хранилища, с последующим ее использованием в качестве пилотной секции хранилища. Опыт, необходимый для проектирования и экспериментальной проверки технологий захоронения РАО в геологическом хранилище, предполагается получить за счет изучения накопленного международного опыта и широкого участия в программах работ в действующих международных ПЭЛ.



Характеристика хранилища
размер - 253,9х93,2 м;
гвоздей контейнеров КЗНП-2,1 -
.; объем РАО - 9800 м³.
Характеристики хранилища
размер - 169,6х71,6 м;
гвоздей ячеек - 8; объем РАО -
[7].

30

геологического хранилища, превращение объекта «Укрытие» в экологически безопасную

систему и т.п.). Указанная программа должна определять необходимые мероприятия, сроки их выполнения, объемы финансирования, нацеленные на реализацию положений Стратегии. В программе по обращению с РАО должны определяться также целевые индикаторы и показатели выполнения запланированных мероприятий.

Этапы реализации. Стратегия реализуется в три этапа. Направления деятельности на каждом из этапов определялись исходя из цели построения системы обращения с РАО, которая состоит в обеспечении экономически эффективного захоронения всех потоков РАО страны в централизованных хранилищах.

Первый этап Стратегии (длительностью до 10 лет) по составу задач, длительности их реализации и предусмотренных расходов полностью соответствует общегосударственной программе обращения с РАО [2]. Конечной целью работ первого этапа является создание законодательных, организационных и финансовых предпосылок для совершенствования системы обращения с РАО в Украине. Кроме этого, на протяжении этапа осуществляется создание хранилищ для захоронения ОН АО и КС НС АО, а также для хранения ВАО и ДС НСАО.

Целью работ второго этапа (продолжительностью до 30 лет) является эксплуатация хранилищ для захоронения ОНАО и КС НСАО, хранилищ для хранения ВАО и ДС НСАО, а также создание глубинного хранилища для захоронения ВАО и ДС НСАО. Именно на этом этапе создаются необходимые основные условия для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, так как наличие глубинного хранилища снимет препятствия для извлечения долгосуществующих РАО из объекта «Укрытие» и ПЗРО «Подлесный».

На третьем этапе (длительностью 10 и более лет) осуществляется эксплуатация хранилищ для захоронения всех имеющихся в Украине типов и категорий отходов, а также выполнение основного объема работ по преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему и приведению в безопасное состояние ПЗРО и ПВЛРО 30.

Конечная цель. Конечным результатом реализации Стратегии будет создание целостной и эффективной системы обращения со всеми видами РАО, которая позволит производить всю цепочку операций по обращению с отходами с целью их захоронения. При этом состояние обращения с РАО будет характеризоваться следующими чертами. Отходы, возникающие при осуществлении текущей практической деятельности, будут незамедлительно перерабатываться и захораниваться. Отходы, накопленные в предыдущие периоды осуществления деятельности, связанной с использованием ядерной энергии, будут перерабатываться и захораниваться (или перезахораниваться) по мере введения в эксплуатацию мощностей по переработке и захоронению. Хранение отходов, как технология обеспечения их безопасности, не будет использоваться, кроме тех случаев, когда хранение отходов является частью технологического процесса их переработки и захоронения. Результатом Стратегии станет создание необходимых условий для устойчивого развития атомной энергетики, в том числе для продления сроков эксплуатации энергоблоков, вывода из эксплуатации энергоблоков и ввода в эксплуатацию новых энергоблоков АЭС. Будет достигнуто существенное уменьшение негативного воздействия ионизирующего излучения РАО на здоровье нынешнего и будущих поколений и окружающую среду. Будет обеспечено повышение уровня радиационной безопасности за счет снижения количества хранилищ РАО до необходимого минимума и завершения ликвидации последствий Чернобыльской аварии. Будет снижена финансовая нагрузка на будущие поколения, так как отпадет необходимость в поддержании безопасности основного количества из существующих ныне хранилищ РАО.

31

Критерии эффективности. Важнейшими критериями эффективности реализации положений Стратегии являются:

- создание комплекса хранилищ для захоронения РАО всех типов и категорий;
- уменьшение количества кондиционированных для захоронения РАО, образующихся на единицу выработанной электроэнергии;
- сокращение сроков хранения РАО на площадках их производителей;

сокращение количества хранилищ РАО на территории страны;
доля захороненных РАО от общего их количества.

Оптимизация захоронения РАО

Выше уже отмечалось, что фундаментальной особенностью Стратегии является подчиненность всех видов деятельности по обращению с РАО единой конечной цели - захоронению всех типов и категорий РАО в соответствующих централизованных хранилищах. Для достижения этой цели определяющей является специфика чернобыльских отходов. Количество, особенности физического состояния и нуклидного состава отходов чернобыльского происхождения определяют зачастую требования к конструкции и емкости централизованных хранилищ для захоронения всех отходов Украины. Компактная локализация основной части отходов в 30 является ключевым фактором при выборе места расположения хранилищ (см. рис. 2).

Захоронение короткосуществующих РАО. Решение проблемы захоронения короткосуществующих РАО является менее сложной задачей по сравнению с захоронением³⁰ ВАО и ДСО. К тому же в стране прилагаются значительные усилия и имеется существенный прогресс в решении данной задачи. В эксплуатации находится поверхностное хранилище траншейного типа ПЗРО «Буряковка» (см. рис. 3). Разрабатывается проект модернизации и расширения данного хранилища. Завершено строительство пускового комплекса первой очереди комплекса производств «Вектор» (см. рис. 4). На промплощадке комплекса «Вектор» построено специальное поверхностное хранилище «ЛОТ-3» для захоронения эксплуатационных РАО ЧАЭС.

Стратегия предполагают создание централизованных хранилищ для захоронения всех короткосуществующих РАО страны путем расширения уже существующих площадок ПЗРО «Буряковка» и комплекса производств «Вектор». Дополнительно на площадке комплекса «Вектор» целесообразно разместить инфраструктуру для переработки, кондиционирования, упаковки РАО (за исключением РАО АЭС), а также хранилища для хранения остеклованных ВАО, высокоактивных НИИ и долгосуществующих РАО. *Оператором централизованных хранилищ и установок по кондиционированию РАО должна быть национальная организация по обращению с РАО.*

Создание централизованного хранилища для захоронения ОИАО предполагает введение в украинскую классификацию соответствующей категории РАО. Уровни активности ОИАО позволяют захоранивать их в поверхностных хранилищах простой конструкции. В результате существенно сократятся затраты на сооружение хранилищ для захоронения КС НСАО отходов. Это имеет чрезвычайно важное значение для решения проблемы безопасного захоронения РАО чернобыльского происхождения. Перевод значительной части указанных РАО в категорию ОИАО с проведением соответствующего анализа безопасности позволит придать части ПВЛРО статус хранилищ ОИАО и избежать необходимости их перезахоронения. Кроме этого, в соответствии с международным опытом, до 20 % эксплуатационных и до 50 % отходов от снятия с эксплуатации АЭС могут быть отнесены к этой категории РАО.

Процесс создания централизованного хранилища для захоронения ОИАО должен включать: установление критериев приемки отходов; изучение и оценку приемлемых площадок для размещения хранилища; разработку типового проекта (возможно, на основе проекта хранилищ ПЗРО «Буряковка») с согласованием отчета по анализу безопасности в регулирующем органе; строительство, лицензирование и ввод в эксплуатацию хранилища.

32

Для захоронения короткосуществующих низко- и среднеактивных РАО других источников (эксплуатация и снятие с эксплуатации энергоблоков АЭС, хранилища корпорации УкрГО «Радон», хранилища оборонных РАО) необходимо: установить критерии приемки отходов для второй очереди хранилищ комплекса «Вектор»; создать инфраструктуру для переработки, кондиционирования, упаковки РАО неядерного сектора с исключением

дублирования элементов инфраструктуры, которые будут создаваться в рамках перепрофилирования межобластных специализированных комбинатов корпорации УкрГО «Радон»; построить и ввести в эксплуатацию хранилища.

Отметим, что суммарная запланированная вместимость хранилищ первой и второй очереди комплекса «Вектор», а также модернизированного ПЗРО «Буряковка» позволит полностью решить проблему захоронения короткосуществующих РАО.

Захоронение ВАО и долгосуществующих РАО. Текущая деятельность по созданию в стране глубинного (геологического) хранилища может быть соотнесена с ранними стадиями выбора площадки и предпроектным изучением возможных технологий захоронения [8]. В настоящий момент в Украине еще не определена эксплуатирующая организация (оператор) будущего хранилища. Вместе с тем без этого невозможен дальнейший прогресс в геологическом захоронении РАО, так как выполнение работ на определенных этапах жизненного цикла геологического хранилища предполагает наличие соответствующей лицензии эксплуатирующей организации. В сфере ответственности такой организации находится разработка и согласование концепции системы захоронения с учетом радиационных и физико-химических свойств подлежащих захоронению отходов. В настоящее время такая концепция еще не разработана, что является серьезным препятствием для создания глубинного хранилища.

Стратегией предусмотрено, что процесс создания геологического хранилища для захоронения ВАО и долгосуществующих РАО будет включать: определение плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; разработку технологий изучения характеристик выбранной площадки, технологий захоронения РАО и строительства хранилища; создание условий для выполнения оценки предлагаемых решений (освоение методик и инструментов выполнения анализа безопасности); работы по поиску, выбору, изучению и подтверждению площадки; разработку основного проекта конструкции хранилища; работы по проектированию и анализу безопасности хранилища; строительство и ввод в эксплуатацию хранилища (включая строительство подземной экспериментальной лаборатории как пилотной секции хранилища).

Существует возможность оптимизировать данный процесс как по времени, так и по стоимости. В свое время был предложен вариант такой оптимизации [8, 9], который базируется на использовании преимуществ двух вариантов возможной конструкции геологического хранилища: шахтного и скважинного. Сущность сводится к разделению потоков ВАО и долгосуществующих РАО. В первую очередь необходимо будет создать скважинное хранилище для захоронения остеклованных ВАО, ОЯТ и ТСМ объекта «Укрытие». Затем будет создано шахтное хранилище для захоронения высокоактивных и долгосуществующих РАО АЭС (эксплуатационных и возникающих при демонтаже энергоблоков), а также находящихся в объекте «Укрытие» и хранилищах ЗО.

Схема разделения показана на рис. 6. Разделение потоков РАО учитывает тот факт, что нерешенность проблемы ОЯТ и ВАО больше влияет на национальную безопасность в краткосрочной перспективе, в то время как нерешенность проблемы захоронения оставшихся РАО оказывает большее влияние на национальную безопасность в средне- и долгосрочной перспективе. Наилучший результат будет достигнут при размещении указанных хранилищ в ЗО и неотложном начале работ по созданию глубинного хранилища.

Общий объем ВАО Украины около 59 тыс. м³ и 2,4 тыс. т ОЯТ РБМК-1000.

Согласно предложенному варианту, скважинное хранилище может быть создано за 15-20 лет, т.е. значительно быстрее шахтного. В этом хранилище будет захоронено более 99 % ВАО и долгосуществующих РАО. При этом достигается снижение общих расходов

33

на захоронение РАО (приблизительно в полтора раза [9]), а капитальные расходы растягиваются во времени, так как скважины могут вводиться в эксплуатацию по мере потребности. Опережающее создание хранилища скважинного типа в ЗО существенно

облегчит поисково-разведочные работы по обоснованию строительства хранилища шахтного типа.

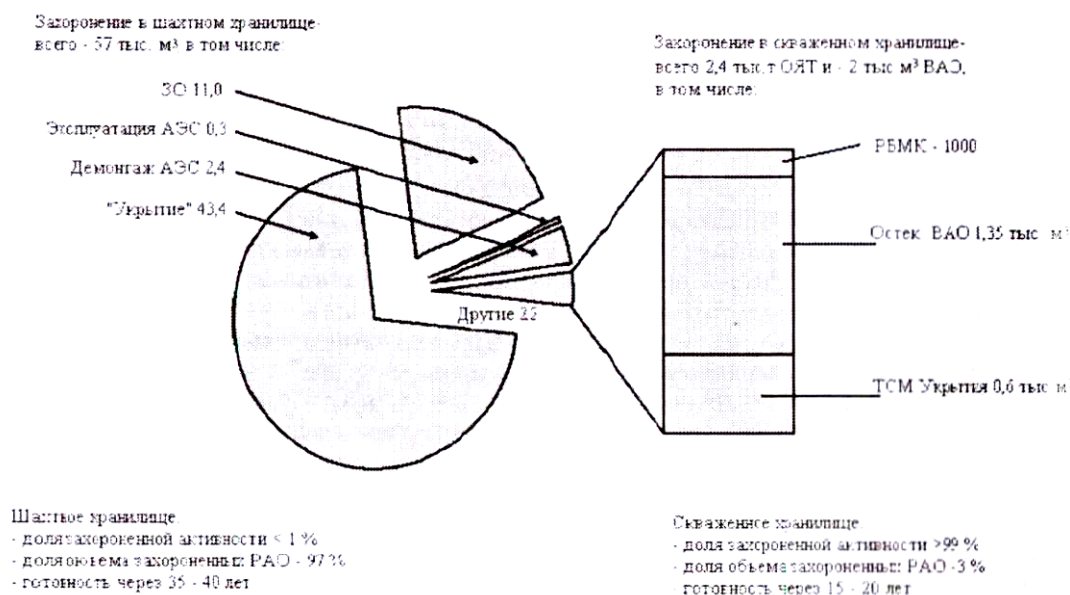


Рис. 6. **Зование**
пов
ных
ищ для
зации
нения

уществу
РАО.

Для
ения
в
е
го
ища

треуется

больше времени (35-40 лет) как за счет более длительного процесса выбора площадки, так и за счет выполнения горных работ. Для снижения расходов на создание шахтного хранилища очень важно провести изучение и обоснование возможности захоронения РАО АЭС, объекта «Укрытие», а также хранящихся в пунктах захоронения РАО в 30 на промежуточных глубинах.

По сути, для обоснования предложенного варианта необходимо выполнить специальный комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на получение исходных данных для разработки технико-экономического обоснования инвестиций и обоснования долговременной безопасности геологических хранилищ обоих типов. Однако ключевым фактором прогресса работ по созданию геологического хранилища является скорейшее определение эксплуатирующей организации.

Выводы

1. Утвержденная в 2009 г. Стратегия обращения с радиоактивными отходами в Украине является ключевым документом в планировании деятельности, направленной на создание в стране целостной и эффективной системы обращения со всеми типами и категориями РАО. Это единственный нормативный документ, который фиксирует долговременные цели (на 50-летний период) обращения с РАО.

2. Фундаментальной особенностью Стратегии является подчиненность всех видов деятельности по обращению с РАО единой конечной цели - захоронению всех типов и категорий РАО в соответствующих централизованных хранилищах.

3. Успешная реализация Стратегии невозможна без изменения ряда законодательных и нормативно-правовых актов, особенно в части изменения классификации РАО, которая должна обеспечить экономически эффективное и безопасное хранение и захоронение

34

отходов; создания действенной национальной организации по обращению с РАО, в обязанности которой должны входить захоронение РАО всех типов и уровней активности, а также хранение ВАО и долгосуществующих РАО; стабильного финансового обеспечения деятельности по хранению и захоронению РАО.

4. После утверждения Стратегии в Украине были приняты изменения к нескольким законодательным и нормативным актам в части создания фонда обращения с РАО. Эти изменения относятся к организации, наполнению и порядку расходования средств фонда. Однако финансовый кризис 2009-2010 гг., а также отсутствие в стране национальной

организации обуславливают задержки и ставят под сомнение своевременное выполнение долгосрочных мероприятий общегосударственной целевой экологической программы по обращению с РАО, особенно в части создания глубинного хранилища. Иными словами, для успешной реализации Стратегии недостаточно лишь создать необходимые условия, важны также постоянные организационные усилия.

5. Основные положения Стратегии являются основой для разработки и периодического пересмотра государственной программы по обращению с РАО. Только таким способом может быть обеспечена преемственность в достижении долговременных целей обращения с РАО.

6. Успешная реализация Стратегии снимет преграды для устойчивого развития ядерной энергетики, так как будут созданы условия для продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС; строительства новых энергоблоков; снятия с эксплуатации и демонтажа энергоблоков, отработавших свой ресурс; решения проблемы хранения и захоронения ВАО и долгосуществующих РАО.

7. Стратегия в полной мере учитывает потребности обращения с РАО, которые возникли в результате аварии на ЧАЭС. Успешная реализация Стратегии позволит также создать все необходимые условия для полной ликвидации последствий Чернобыльской аварии, в том числе для извлечения ТСМ из объекта "Укрытие" и долгосуществующих РАО из ПЗРО 30.

Список літератури

1. Про схвалення Стратегії поводження з радіоактивними відходами в Україні. - Розпорядження Кабінету Міністрів України № 990 від 19 серпня 2009 р.
2. Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами. - Закон України № 516-VI від 17 вересня 2008 р.
3. Разработка национальной стратегии и концепции по обращению с радиоактивными отходами в Украине, включая стратегию по обращению с радиоактивными отходами НАЭК «Энергоатом»: проект TACIS U4.03/04 / Под общей ред. В. М. Шестопалова - К.: Промінь, 2008. - Т. 1.-500 с.-Т. 2.-320 с.
4. On Compliance with the Obligations under the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. - National Report of Ukraine. - 2008. – <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/doccatalog/document?id=119923>
5. Шибельський Ю. О., Шестопалов В. М., Жебровська К. І., Бондаренко О. О. Обмеження діючої в Україні класифікації радіоактивних відходів при вирішенні проблеми їх захоронення // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. - 2008. - № 1 (31). - С. 35-42
6. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. - Розпорядження Кабінету Міністрів України № 145 від 15 березня 2006 р.
7. Офіційний сайт Міністерства надзвичайних ситуацій України: Інформація щодо комплексу „Вектор”. - <http://www.mns.gov.ua/content/vector.html>
8. Изоляция радиоактивных отходов в недрах Украины (проблемы и возможные решения) / Под общей ред. В. М. Шестопалова. - К.: НИЦ РПИ, 2006. - 398 с.
9. Шестопалов В. М., Шибельський Ю. О. Щодо можливості використання в Україні свердловинного типу конструкції геологічного сховища радіоактивних відходів // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2006. - № 5. - С. 39-50.

ЧОРНОБИЛЬСЬКА СКЛАДОВА СТРАТЕГІЇ ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

В. М. Шестопалов, М. І. Проскура, Ю. О. Шибельський, В. С. Голубев, Б. Г. Шабалін

Представлено обґрунтування оптимального варіанта вирішення проблем поводження з радіоактивними відходами в Україні, на основі якого було розроблено й затверджено відповідну національну стратегію. Показано, що на зміст затвердженої стратегії значний вплив виявила специфіка задач поводження з радіоактивними відходами, що утворилися внаслідок аварії на ЧАЕС, а також задач із ліквідації наслідків цієї аварії.

Ключові слова: радіоактивні відходи, національна стратегія, сховища РАО.

The justification of the optimal variant of the national radioactive waste management strategy is presented. It was shown how specific needs of Chernobyl waste management and necessity of elimination of Chernobyl accident consequences had influenced on the endorsed national strategy.

Keywords: radioactive waste, national strategy, radioactive waste storage facilities.

36

УДК 621.039.73

**ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ МАТЕРІАЛАМИ
У ВИГЛЯДІ НАСОСНО-КОМПРЕСОРНИХ ТРУБ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

В. М. Антропов, В. П. Мельниченко, О. Г. Третьак, А. І. Хабрика

Державне спеціалізоване підприємство "Централізоване підприємство з поводження з радіоактивними відходами», Чорнобиль

Наведено інформацію про радіоактивне забруднення насосно-компресорних труб у нафтогазовій промисловості.

Ключові слова: насосно-компресорні труби, радіоактивні матеріали.

34

У технологічному процесі видобутку нафти й газу на нафтових і газових родовищах України використовуються насосно-компресорні труби (НКТ) для транспортування газоподібних і рідиноподібних речовин із пластів їхнього залягання, для ремонтних і спуско-підіймальних робіт. У процесі їхньої експлуатації відбувається забруднення природними радіоактивними речовинами.

При експлуатації НКТ головним чином забруднюється внутрішня поверхня труб, але, залежно від умов експлуатації, можуть забруднюватися й зовнішні поверхні труб γ - та α -джерелами іонізуючого випромінювання. Такі НКТ небезпечні, як і інші радіоактивні матеріали, забруднені такими джерелами.

Забруднення нафти й газу природними радіонуклідами відбувається двома шляхами. Перший шлях обумовлений тим, що нафтові родовища часто перекриваються глинистими сланцями, насиченими ураном та торієм. Концентрація урану в сланцях може сягати 1000 г/т і більше. Пористі піщаники, що залягають нижче, містять розсоли, в яких поступово розчиняються ^{226}Ra , ^{228}Ra і його дочірні продукти. Потім ці продукти надходять у нафтові й газові поклади й забруднюють їх радіонуклідами. Інший шлях забруднення пов'язаний з дифузією ^{222}Rn у нафтові шари.

НКТ мають антикорозійне покриття, але у зв'язку з постійними механічними навантаженнями й взаємодією у процесі експлуатації з агресивними середовищами труби сильно піддаються корозії й ерозії. Для виступів і поглиблень на поверхні труб, що зазнали корозії, характерна підвищена каталітична активність. Цей процес призводить до накопичення на стінках труб щільних нашарувань неорганічних солей - сульфату барію (BaSO_4), сульфату кальцію (CaSO_4), карбонату кальцію (CaCO_3). Хімічні властивості ^{226}Ra , ^{228}Ra близькі до хімічних властивостей барію та кальцію, тому й радій осаджується у формі складних сульфатів і карбонатів.

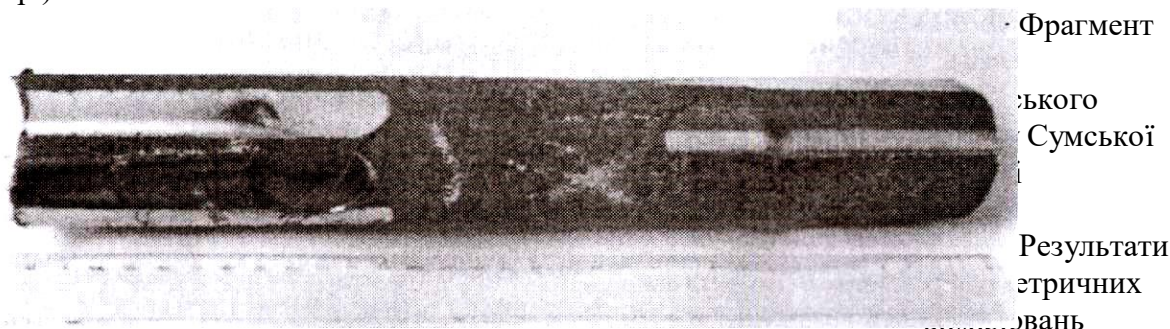
^{226}Ra , ^{228}Ra - це продукти розпаду ^{238}U і ^{232}Th і їхня питома активність може становити до 10^4 кБк/кг [1]. Товщина нашарувань 1-2 мм. Рівнями забруднення материнськими радіонуклідами можна зневажити через їхню незначну величину.

Найвища питома активність труб, забруднених ^{226}Ra , приблизно на порядок перевищує питому активність ^{228}Ra [2]. Окрім цих груп радіонуклідів спостерігається також підвищений рівень вмісту ^{40}K .

Згідно з даними, наведеними в [3], на нафтових та газових родовищах Полтавської області потужність еквівалентної дози (ПЕД) від НКТ сягає 30 мкЗв/год, а питома активність осаду на них становить кБк/кг.

На рисунку показано фрагмент НКТ з Охтирського району Сумської області ($D=76$ мм, $\delta=8$ мм) зі знятими при відборі проб шаром радіоактивно забрудненого металу. У таблиці наведено радіометричні характеристики проб, отримані за результатами аналізу

відібраних проб, проведеного в лабораторіях ДСП "ЦППРВ" та ДСП "ЧСК" (проби №1 і 2, 2012 р.).



Номер проби	ПЕД, мкЗв/год	Щільність потоку, β -част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$	Щільність потоку, α -част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$	Радіонуклід	Питома активність, кБк/кг	Похибка, %
1	2,92	9470	46,0	^{226}Ra	6,1	18
				^{232}Th	1,6	19
2	1,17	3690	6,0	^{226}Ra	0,8	18
				^{232}Th	0,2	20

Радіоактивні матеріали у вигляді НКТ та іншого обладнання становлять небезпеку у зв'язку з високими рівнями поверхневого забруднення γ - та α -випромінюючими радіонуклідами. Поводження з НКТ, як техногенно-підсиленими джерелами природного походження, здійснюється відповідно до НРБУ-97, у рамках радіаційно-гігієнічних регламентів четвертої групи, що спрямовані на зменшення доз хронічного опромінення людини від техногенно-підсилених джерел природного походження в побуті та на виробництві.

У випадках, коли доза опромінення працівників від техногенно-підсилених природних джерел на виробництвах перевищує 5 мЗв у рік, адміністрація підприємства повинна вжити всіх необхідних заходів щодо зниження виробничого опромінення. Такі роботи мають бути переведенні адміністрацією підприємства до категорії "практична діяльність з індустріальними джерелами іонізуючих випромінювань", а самі працівники мають бути віднесені до персоналу категорії А за узгодженням закладу державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України (ОСПУ-2005, п. 18.5).

На підприємствах нафтогазової промисловості накопичується велика кількість НКТ та відходів у вигляді твердих шламів, що забруднені техногенно-підсиленими джерелами випромінювання природного походження. Вони потребують забезпечення контрольованого зберігання та недопущення розповсюдження радіоактивного забруднення в навколишнє середовище. Частково зберігання таких відходів проводилось у спеціалізованих підприємствах, які мають ліцензії на виконання робіт по поводженню з радіоактивними відходами. НКТ та тверді шлами приймалися ДСП "Централізоване підприємство з поводження з радіоактивними відходами" (ДСП «ЦППРВ») та Харківським державним міжобласним спецкомбінатом (ДМСК) "УкрДО "Радон". Наприклад за період 2001-2009 рр. ДСП «ЦППРВ» прийняло на зберігання НКТ від Харківського ДМСК та НГВУ "Охтирканавтогаз" загальною кількістю 2355 т.

Враховуючи специфічний характер відходів у вигляді НКТ і твердих шламів, основним завданням на даний час є вирішення питань щодо довгострокового зберігання таких відходів та реалізації можливостей подальшого використання НКТ після дезактивації в народному господарстві. На даний час не вирішені питання розробки ефективних технологій дезактивації

НКТ та впровадження таких технологій дезактивації НКТ з метою зменшення об'ємів радіоактивно забруднених матеріалів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Апплби А. Дж., Девелл Л., Митра Ю. К та ін. Шляхи міграції штучних радіонуклідів у навколишнім середовищі. Радіоекологія після Чорнобиля / Під ред. Ф. Уорнера і Р. Харрисона; Пер. з англ. під ред. А. Г. Рябошапко. - М.: Мир, 1999. - 512 с.
2. Кесслер Г. Ядерна енергетика / Пер. з англ. під ред. Ю. И. Митяева. - М.: Энергоатомиздат, 1986.-264 с.
3. Хайд Э., Перлман И., Сиборг Г. Ядерні властивості важких елементів. Вип. 5. Розподіл ядер / Пер. з англ. під ред. М. В. Струтинского. - М.: Атомиздат, 1969.

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В ВИДЕ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. М. Антропов, В. П. Мельниченко, А. Г. Третьак, А. И. Хабрика

Приведена информация о радиоактивном загрязнении насосно-компрессорных труб в нефтегазовой промышленности. 36

Ключевые слова: насосно-компрессорные трубы, радиоактивные материалы.

MANAGEMENT OF RADIOACTIVE MATERIALS IN THE FORM OF PUMPING AND COMPRESSION PIPES OF THE OIL AND GAS INDUSTRY

V. M. Antropov, V. P. Melnychenko, O. G. Tretiak, A. I. Habryka

The information on radioactive contamination of pumping and compression pipes in the oil and gas industry is provided.

Keywords: pumping and compression pipes, radioactive materials.

39

УДК 621.039.73

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА ЧАЭС

В. А. Сейда, А. П. Цивун

Государственное специализированное предприятие «Чернобыльская атомная станция», Славутич

Освещены общие сведения о ЧАЭС, дано краткое описание промплощадки и энергоблоков станции, существующих сооружений по обращению с радиоактивными отходами (РАО) на ГСП ЧАЭС. Приведены прогнозные оценки объемов РАО на промплощадке ЧАЭС, реализуемые проекты на промплощадке ЧАЭС, рассмотрены проблемные вопросы обращения с РАО и пути решения обозначенных проблем.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, промплощадка ЧАЭС.

Общие сведения об объекте

ЧАЭС расположена в 140 км на северо-северо-запад от Киева. Промплощадка находится на высоте 114 м над уровнем моря.

Строительство ЧАЭС началось в 1970 г. Были введены в эксплуатацию: энергоблок № 1 - 1977 г.; энергоблок № 2 - 1978 г.; энергоблок № 3 - 1981 г.; энергоблок № 4 - 1983 г.

Снятие с эксплуатации ЧАЭС осуществляется в соответствии с меморандумом о взаимопонимании между правительствами стран Большой семерки, Комиссией Европейского сообщества и Правительством Украины по закрытию ЧАЭС от 20 декабря 1995 г. статьей 39 Закона Украины "Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности" [1] и лицензией (серия ЕО № 000040) на право осуществления деятельности по снятию ЧАЭС с эксплуатации, выданной Госатомрегулированием Украины 22 марта 2002 г.

Краткое описание промплощадки ЧАЭС

Промплощадка ЧАЭС расположена в 15 км северо-западнее Чернобыля, в зоне отчуждения, которая была выделена вокруг станции после аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС в 1986 г. и в которую входят, в частности, города Припять и Чернобыль. Управление этой территорией и функционирующими на ней предприятиями и организациями осуществляется государственным агентством Украины по управлению зоной отчуждения Министерства чрезвычайных ситуаций Украины (МЧС).

На промплощадке ЧАЭС находятся следующие здания и сооружения:
основные сооружения, включающие главные корпуса 1-й и 2-й очередей ЧАЭС с размещенными в них энергоблоками № 1-3; объект "Укрытие";
сооружения по обращению с радиоактивными отходами (ХЖО, ХТО, ХЖТО, ЗПЖРО, ПКОТРО, ВХТВАО);
сооружения по обращению с отработавшим ядерным топливом (ХОЯТ-1, 2);
вспомогательные сооружения, обеспечивавшие эксплуатацию энергоблоков ЧАЭС;
гидротехнические сооружения, включая водоем-охладитель;
электротехнические сооружения.

Краткая характеристика энергоблоков

Энергоблоки № 1, 2, 3 ЧАЭС расположены в главном корпусе и включают в себя следующее основное технологическое оборудование: три реакторных установки тепловой мощностью 3,2 млн. кВт каждая; шесть турбогенераторов электрической мощностью 500 МВт каждый.

© В. А. Сейда, А. П. Цивун, 2012

40

Энергоблок № 1 (ЭБ-1) относится к первому поколению энергоблоков (бывшего СССР) с реактором типа РБМК-1000. Окончательно остановлен 30 ноября 1996 г., в соответствии с постановлением Кабинета Министров Украины 1445 от 22 декабря 1997 г. принято решение о досрочном снятии блока с эксплуатации.

Энергоблок № 2 (ЭБ-2) также относится к первому поколению энергоблоков с реактором типа РБМК-1000. Он остановлен в октябре 1991 г. Решение о досрочном снятии блока с эксплуатации принято постановлением Кабинета Министров Украины № 361 от 15 марта 1999 г.

Энергоблок № 3 (ЭБ-3) относится ко второму поколению энергоблоков с реактором типа РБМК-1000. 3-й и 4-й энергоблоки до аварии 1986 г. представляли собой единое конструктивное сооружение; после аварии 3-й энергоблок отделен от разрушенного 4-го энергоблока вновь возведенной железобетонной стеной (в том числе и по машинному залу). В соответствии с постановлением Кабинета Министров Украины № 598 от 29 марта 2000 г. «О досрочном прекращении эксплуатации энергоблока № 3 и окончательном закрытии ЧАЭС» 15 декабря 2000 г. блок был окончательно остановлен.

Энергоблок № 4 также относится ко второму поколению энергоблоков с реактором типа РБМК-1000. Энергоблок разрушен в результате запроектной аварии в апреле 1986 г. и заключен в саркофаг (объект "Укрытие").

Объект "Укрытие" (ОУ) представляет собой разрушенный, в результате запроектной аварии, блок № 4 ЧАЭС, который утратил все функциональные свойства энергоблока и на котором выполнены первоочередные мероприятия для уменьшения последствий аварии и продолжаются работы по обеспечению его ядерной и радиационной безопасности. Под названием объект "Укрытие" объединяется совокупность сооружений и систем (элементов), составляющих вместе систему технических мер по обеспечению защиты персонала, населения и окружающей среды от радиологических опасностей, обусловленных находящимися в объекте "Укрытие" радиоактивными отходами (РАО).

Объект "Укрытие" определяется как «место поверхностного хранения неорганизованных РАО ("временное хранилище неорганизованных РАО, находящееся в стадии стабилизации и реконструкции")» [3].

Хранилище отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ-1) - хранилище «мокрого типа», имеет возможность максимально разместить 21900 отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС).³⁷

Сооружения по обращению с РАО на ГСП ЧАЭС

Хранилище жидких отходов (ХЖО), представляющее собой систему емкостей (суммарный проектный объем хранения ЖРО 26000 м³) со вспомогательным оборудованием, подлежащее выводу из эксплуатации с предварительным извлечением и переработкой отходов на ЗПЖРО. На территории хранилища находятся доупариватели кубового остатка, входящие в состав установки очистки технологических жидких сбросов (выпарная установка СВО-4), расположенной в здании 81. Установка предназначена для очистки трапных вод от солей и радионуклидов методом дистилляции.

Хранилище твердых отходов (ХТО) емкостью 3976 м³. ХТО подлежит выводу из эксплуатации с предварительным извлечением и переработкой отходов. Установка извлечения отходов из отсеков ХТО (УИТО) и завод по их переработке (ЗПТРО) сооружены в рамках проекта ПКОТРО.

Хранилище жидких и твердых отходов (ХЖТО) представляет собой отдельно стоящее здание, предназначенное для приема и временного хранения жидких и твердых РАО. Хранение ЖРО осуществляется в 12 емкостях из нержавеющей стали объемом по 1000 м³, расположенных в отдельных изолированных боксах. Для обеспечения безопасного хранения ЖРО хранилище оборудовано дополнительным вспомогательным оборудованием и системами контроля. Хранилище для ТРО емкостью 10 тыс. м³ в эксплуатацию не вводилось, в настоящее время в рамках проекта ПКОТРО закончена реконструкция здания ХЖТО

41

для возможности временного хранения (до 30 лет) в реконструированных ячейках хранилища ТРО (помещение 138) упаковок с высокоактивными отходами (ВАО) и низко- и среднеактивными долгосуществующими отходами (НСА-ДСО) (165-литровых бочек с ТРО, помещенных внутрь 200-литровых бочек).

Временное хранилище твердых высокоактивных отходов (ВХТВАО) организовано в помещении 12/2 здания 12 (склад свежего топлива) и введено в эксплуатацию 16 февраля 2004 г. ВХТВАО предназначалось для временного хранения ТРО, образующихся в ходе выполнения работ в локальной зоне объекта «Укрытие» и по своим характеристикам не соответствующим критериям приемки для захоронения на ПЗРО, на период до ввода в эксплуатацию объектов ПКОТРО (ЗПТРО, ВХВАО и НСА-ДСО). В связи с получением отдельного разрешения на эксплуатацию ВХ ВАО и НСА-ДСО в здании 84 (ХЖТО) возникла необходимость промежуточного хранения упаковок с ВАО, которые не будут соответствовать критериям приемки в ВХ ВАО и НСА-ДСО в здании 84 и не смогут быть переупакованы на ЗПТРО. Упаковки ВАО, не прошедшие входной контроль (некондиционированные), необходимо будет приводить в состояние, соответствующее критериям приемки в ВХ ВАО и НСА-ДСО путем переупаковки. В этом случае необходимо будет осуществлять промежуточное хранение как не переработанных высокоактивных ТРО, так и упаковок ВАО, кондиционированных на ЗПТРО (в период опытной эксплуатации ПКОТРО возможны технологические перерывы, связанные как с отработкой технологии приемки, переработки высокоактивных ТРО на ЗПТРО и размещения упаковок ВАО, так и с приобретением эксплуатационным персоналом практического опыта).

Принято решение об использовании ВХТВАО для:

1. Промежуточного (буферного) хранения:
 - непереработанных ВАО в КТ-0,2 (накопленных ранее или образующихся при снятии с эксплуатации блоков и при реализации проектов ПОМ на объекте "Укрытие");
 - упакованных ВАО, кондиционированных на ЗПТРО (соответствующих критериям приемки в ВХ ВАО и НСА-ДСО в здании 84).
2. Хранения упаковок ВАО, кондиционированных на ЗПТРО и не соответствующих критериям приемки на ЗПТРО и в ВХ ВАО и НСА-ДСО.

Срок эксплуатации ВХТВАО определен до ноября 2015 г.

ВХТВАО обеспечивает хранение до 16 м³ ТРО. Хранение отходов осуществляется в контейнерах КТЗВ-0,2 (80 контейнеров). Возможно увеличение объема хранения ТРО до 36 м³ (суммарно 180 контейнеров КТЗВ-0,2).

Временное хранилище высокоактивных отходов и низко- и среднеактивных долгосуществующих отходов (ВХ ВАО и НСА-ДСО) промышленного комплекса по обращению с твердыми радиоактивными отходами. Временное хранилище ВАО и НСА-ДСО введено в эксплуатацию 10 декабря 2010 г. ВХ ВАО и НСА-ДСО построено в существующем здании ХЖТО и предназначено для приема и хранения упаковок ВАО и НСА-ДСО только от завода по переработке ТРО. Срок эксплуатации ВХ ВАО и НСА ДСО определен в 30 лет, с учетом решения вопроса по сооружению хранилища для этих отходов (согласно законодательству Украины, НСА-ДСО и ВАО невозможно захоранивать в хранилищах приповерхностного типа). Хранилище рассчитано на хранение упаковок с НСА-ДСО в количестве 6784 шт., упаковок с ВАО - 6360 шт. Безопасное временное хранение ВАО и НСА-ДСО обеспечено путем использования двойной упаковки (внутренняя 165-литровая бочка и внешняя 200-литровая бочка), установленных в переоборудованных защитных железобетонных отсеках существующего здания ХЖТО. При этом транспортировка упаковок с ВАО и НСА-ДСО от ЗПТРО до ВХ ВАО и НСА-ДСО будет осуществляться в транспортно-защитных контейнерах КТЗВ-0,2 (с одной упаковкой ВАО) и КТЗ-2,6 (с четырьмя упаковками НСА-ДСО).

42

Хранилище отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ-2). На территории зоны отчуждения строится хранилище отработавшего ядерного топлива сухого типа ХОЯТ-2.

Объект ХОЯТ-2 предназначен для подготовки к хранению и хранения отработавшего ядерного топлива реакторов типа РБМК ЧАЭС.

Образование отходов

На ГСП ЧАЭС образуются следующие виды ЖРО:

отработанные ионообменные смолы установок спецводоочистки (СВО);
отработанная пульпа фильтроперлита намывных фильтров установок СВО;
кубовый остаток выпарных установок после переработки трапных вод;
шламы.

Дополнительно на ГСП ЧАЭС могут образовываться органические жидкости (масла), в которых активность радионуклидов будет превышать границы, установленные действующими нормами. К ЖРО органические жидкости (масла) будут относиться только в том случае, если установлено, что ни сейчас, ни в будущем они не могут быть использованы и подлежат последующей переработке на ЗПТРО.

Радиоактивные воды, образующиеся на ГСП ЧАЭС

К радиоактивным водам, которые образуются на ГСП ЧАЭС, относятся водные растворы, подлежащие дальнейшему использованию для собственных нужд после их переработки или очистки на установках спецводоочистки и имеющие такие радиационные характеристики:

а) содержание отдельных радионуклидов превышает допустимую концентрацию, установленную для воды, которая используется населением для хозяйственно-питьевых целей (PC_B^{ingest});

б) состав смеси радионуклидов такой, что сумма отношений удельной активности каждого отдельного радионуклида к соответствующему значению его PC_B^{ingest} превышает единицу [9].

Основные источники образования ТРО на ЧАЭС

Отходы, образующиеся в процессе повседневной деятельности персонала станции и строительства новых объектов, которые при образовании не являются радиоактивными, но в процессе хранения или перемещения могут получить поверхностное радиоактивное загрязнение:

использованная упаковочная тара, бытовой мусор, бумага;

строительный мусор.

Отходы, образующиеся в результате текущей эксплуатации и ремонта оборудования, выполнения демонтажных работ, ремонта и реконструкций зданий и сооружений, которые в процессе использования подвергались радиоактивному загрязнению и могут иметь ограниченную удельную активность или содержат радиоактивный материал, распределенный на их поверхности:

изношенные детали и части оборудования, загрязненные приборы, инструменты и материалы, вспомогательные материалы и оснастка;

использованные основные и дополнительные средства индивидуальной защиты (СИЗ);

ветошь и обтирочные материалы;

высушенный осадок очистных сооружений, канализационных стоков;

древесные отходы, трава;

строительные материалы, отходы от ремонта (демонтажа) зданий и сооружений;

грунт, щебень;

электро- и теплоизоляционные материалы.

40

Специфика деятельности ГСП «Чернобыльская АЭС» и технология переработки
43

ТРО на ЗПТРО (после ввода в эксплуатацию ПКОТРО) позволяют разделить все образующиеся ТРО на три условные категории.

Первая категория:

отходы, образующиеся при выполнении работ по поддержанию безопасного состояния оборудования, остающегося в эксплуатации (при эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте оборудования);

отходы, образующиеся при выполнении работ по снятию с эксплуатации блоков ЧАЭС (при выводе из эксплуатации, демонтаже оборудования).

Вторая категория:

отходы, образующиеся при ведении работ по ликвидации последствий аварии (аварийные отходы). Данные отходы могут образовываться при проведении ремонтно-строительных работ, при благоустройстве территории ЧАЭС, а также в результате выполнения работ на объекте «Укрытие».

Третья категория:

отходы, в данный момент находящиеся в отсеках ХТО, подлежащие изъятию и переработке после ввода в эксплуатацию ПКОТРО. Данные отходы были образованы за время эксплуатации ЧАЭС за период 1978-2003 гг., а также при выполнении работ по ликвидации последствий аварии 1986 г. [10].

Прогнозные оценки объемов РАО

Оценки проводились с допущением, что при обращении с РАО на площадке ЧАЭС будут использоваться существующие и сооружаемые в настоящее время объекты и технологии. При оценке объемов РАО приняты принципы «максимально возможной переработки радиоактивных отходов» и «максимально возможного освобождения от регулирующего контроля» (табл. 1 и 2).

В случае сооружения новых объектов, внедрения новых технологий либо получения актуализированных данных об объеме и активности предполагаемых РАО, результаты прогнозных оценок количества ожидаемых РАО должны быть соответственно пересмотрены (рис. 1 и 2).

Таблица 1. Прогнозные оценки объемов ТРО

Вид РАО	Объемы, м ³
Накопленные ТРО (на 01.01.2012)	2508
Эксплуатационные ТРО (с учетом работы новых объектов)	17500
Эксплуатационные ТРО на объекте "Укрытие" (с учетом НБК)	27500
* Отходы, образующиеся в результате реализации ПОМ на объекте "Укрытие" (в том числе отходы от демонтажа нестабильных конструкций)	47340
ТРО, планируемые к образованию в результате проведения демонтажных работ	43300
ТРО, планируемые к образованию в результате переработки ЖРО отвержденные ЖРО)	58800
Итого:	196945

* Без учета технологических материалов.

44

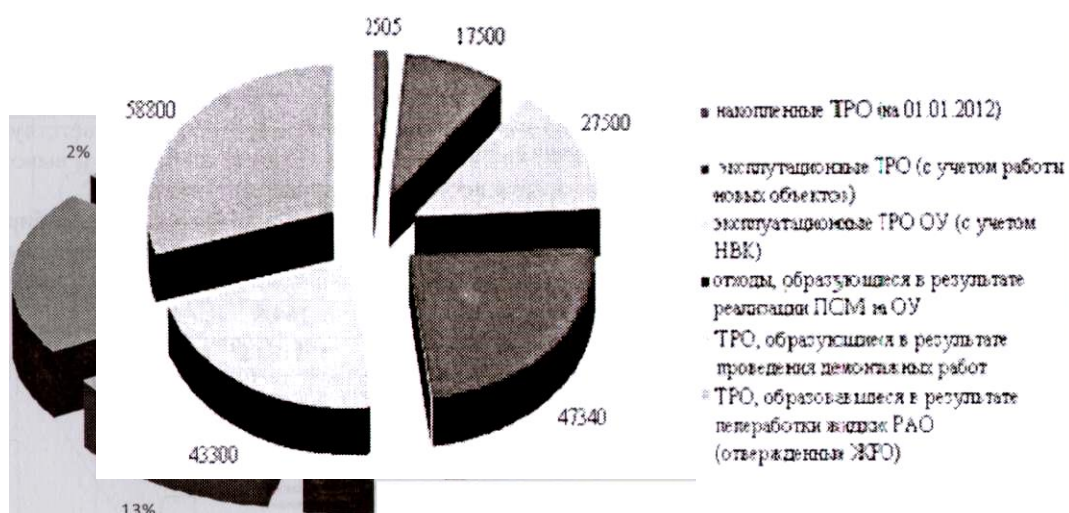


Рис. 1. Прогнозные оценки объемов ТРО.

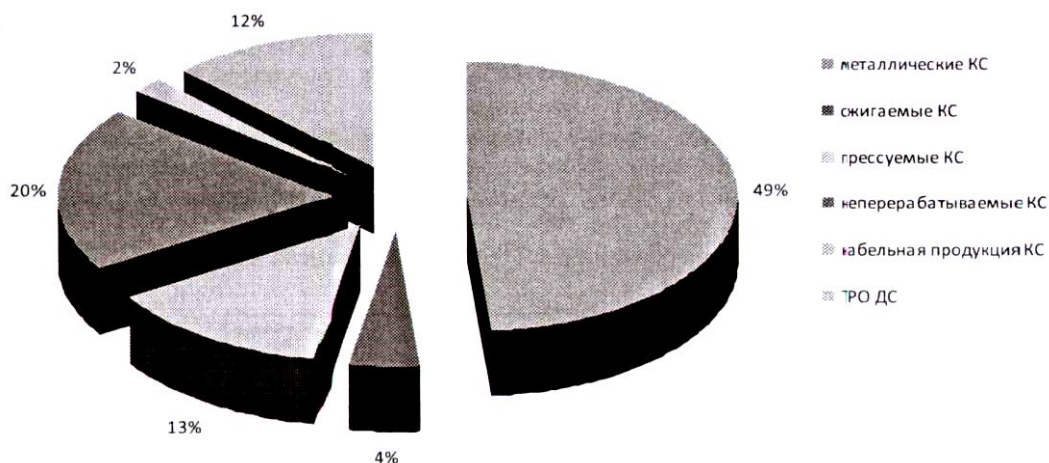


Рис. 2. Виды ТРО, образующиеся при работах по снятию с эксплуатации блоков ЧАЭС (%)

Обращение с РАО на ГСП ЧАЭС

Система обращения с ТРО на ЧАЭС предусматривает сбор, сортировку, временное хранение, транспортировку и передачу на захоронение. Сбор, сортировка и первичная упаковка ТРО производится в местах образования непосредственно персоналом, производящим работы, затем первичные упаковки собираются в контейнеры-сборники, размещенные в установленных местах. Во всех местах сбора и временного хранения ТРО

используются штатные средства механизации для подъемно-транспортных операций с контейнерами РАО и крупногабаритными отходами. Удаление низко- и среднеактивных РАО из контейнеров-сборников производится на спецавтомобилях после определения радионуклидного состава и удельной активности с помощью гамма-спектрометрической системы ISOCS.

45

Таблица 2. Прогнозные оценки объемов ЖРО, образующихся в процессе выполнения работ по снятию с эксплуатации блоков ЧАЭС и преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему

Вид РАО	Объемы, м ³
Накопленные ЖРО	
Кубовый остаток	13 296,5
Ионообменные смолы	4055,2
Пульпа фильтроперлита, шламы	2262,12
Масло и смешанные жидкости	104,8
Итого:	19718,62
Прогнозные оценки образования ЖРО	
Кубовый остаток	4680
Ионообменные смолы	3626
Пульпа фильтроперлита, шламы	1842
Итого:	8148
Всего:	27866,62

42

В настоящее время удаление ТРО из мест сбора осуществляется двумя потоками: низко- и среднеактивные краткосуществующие отходы (соответствующие критериям приема) из контейнеров-сборников выгружают в спецавтомобили и вывозят на ПЗРО «Буряковка», расположенный в зоне отчуждения;

высокоактивные, низко- и среднеактивные долгосуществующие отходы собирают в 200-литровые бочки и загружают в спецконтейнеры (КТЗВ-0,2), предназначенные для транспортировки и хранения ВАО, с последующим размещением на временное захоронение во временном хранилище ТРО.

Принципиальная схема обращения с ТРО ЧАЭС приведена на рис. 3.

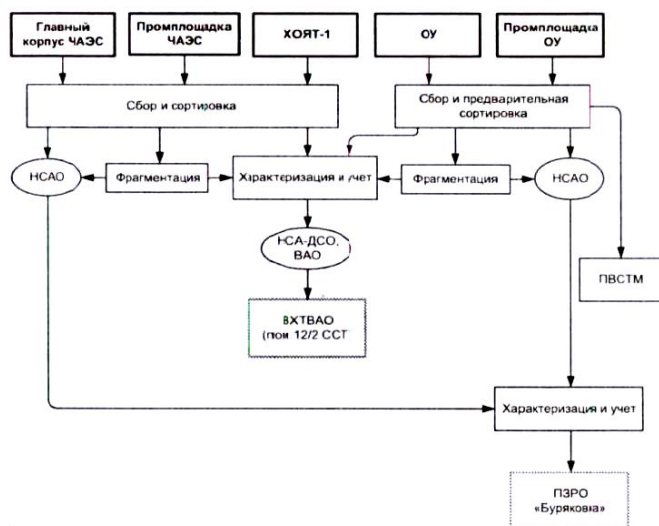


Рис. 3. Принципиальная схема обращения с ТРО ЧАЭС

Очистка технологических сред производится на установках СВО-2, 6. Они включают в себя намывные и ионообменные фильтры, ловушку ионитов, приемные баки и баки «чистой» воды для технологических нужд.

Также имеется в наличии узел приготовления растворов и другое оборудование.

Для сбора и транспортировки трапных вод существует специальная канализация. В помещениях зоны строгого режима ЧАЭС имеются открытые сливные устройства - трапы, куда поступают неорганизованные протечки от оборудования и арматуры, стоки дезактивации и обмыва помещений и оборудования, растворы после регенерации ионитов Спецканализация автономна для каждого энергоблока, ХЖО, ХЖТО, вспомогательных систем реакторного отделения, хранилища отработавшего ядерного топлива и других сооружений ЧАЭС. Поступившая в трапы помещений вода, по системе трубопроводов спецканализации поступает в баки сбора трапных вод, откуда подается на переработку.

Основной метод переработки трапной воды - упаривание. Он реализуется на выпарной установке СВО-4.

Радиоактивно загрязненные воды объекта «Укрытие», собираются в специальный бак, откуда после радиометрического и химического контроля подаются на упаривание в выпарную установку.

Принципиальная схема обращения с ЖРО ЧАЭС приведена на рис. 4.

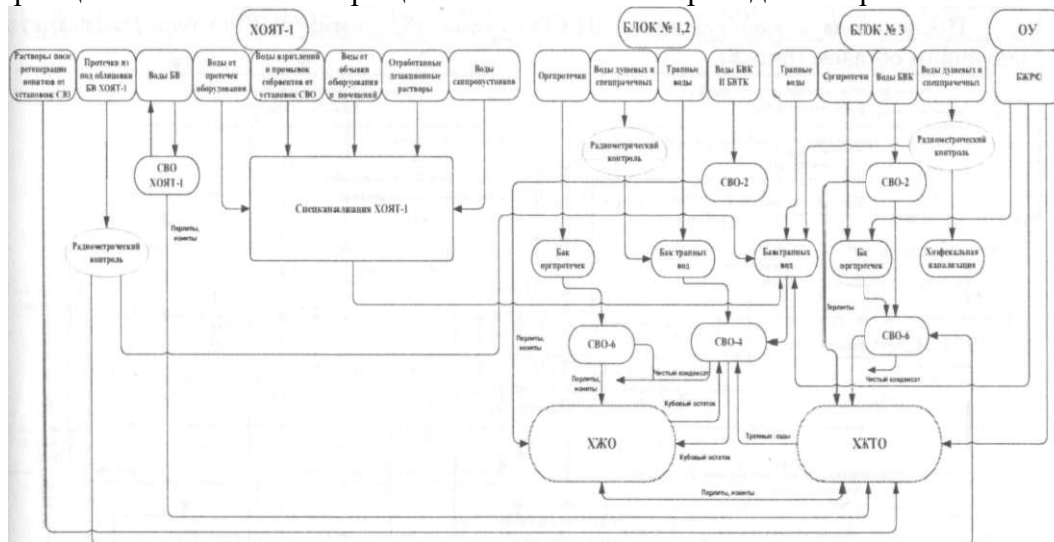


Рис. 4. Схема обращения с ЖРО и радиоактивными водами на ГСП
ЧАЭС и объекте «Укрытие».

Реализуемые проекты на площадке ГСП ЧАЭС ЗПЖРО

Существующая технологическая схема обращения с ЖРО, действующая на ГСП ЧАЭС, будет дополнена заводом по переработке ЖРО и промышленным комплексом по обращению с ТРО (для сжигания горючих низкоактивных ЖРО), что даст возможность перевести хранящиеся ЖРО в твердое состояние.

Вновь образующиеся в процессе регламентных работ на ЧАЭС жидкие отходы, имеющие радиоактивное загрязнение (включая жидкие отходы от вновь создаваемых объектов по обращению с РЛО и ОЯТ), будут поступать для переработки на установки СВО ЧАЭС (сбросы в спецканализацию) и/или в емкости хранения ХЖО и ХЖТО.

В соответствии с проектом, извлекаемые ЖРО (кубовый остаток, пульпа перлита и ионообменные смолы) из емкостей ХЖО и ХЖТО будут поступать гидротранспортом на ЗПЖРО.

На ЗПЖРО поступающие РАО будут предварительно обработаны: кубовый остаток упаривается до солесодержания 690 г/л; ионообменные смолы и пульпы фильтроматериалов

Получено отдельное разрешение Госатомрегулирования Украины на ввод в эксплуатацию установки извлечения ТРО (УИТО) и ЗПТРО (Лот-1, 2), серия ОД № 000040/3. Продолжается работа с представителем подрядчика по гарантийным обязательствам относительно устранения дефектов. Ведутся подготовительные работы по проведению «горячих» испытаний ПКОТРО.

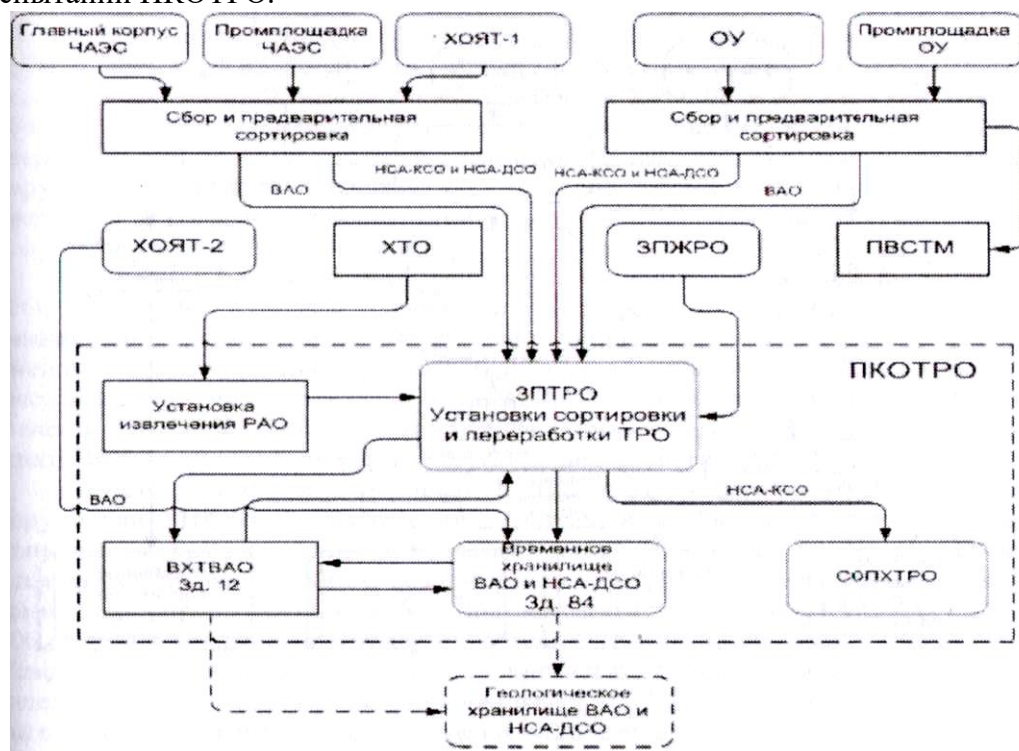


Рис. 6. Схема обращения с ТРО на ЧАЭС (после ввода ПКОТРО).

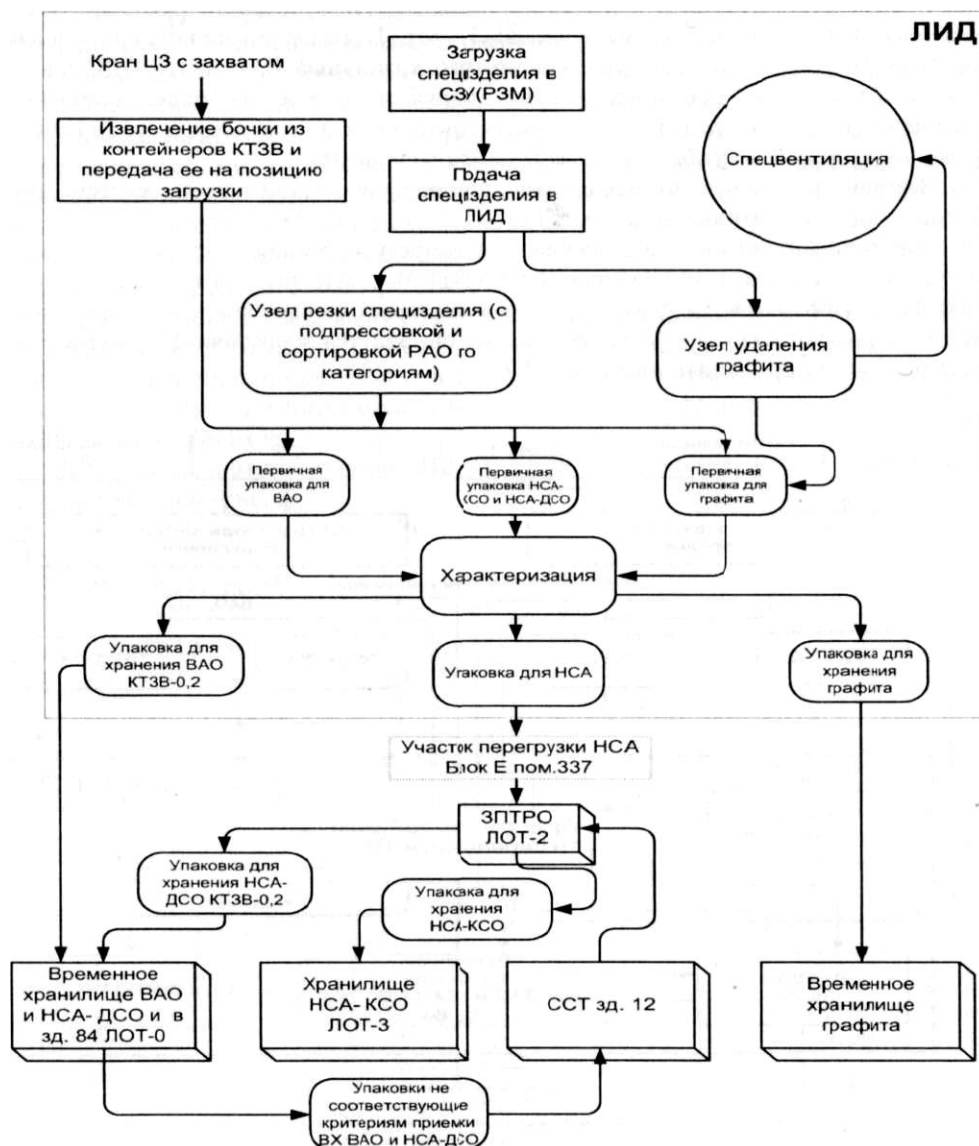
Линия измельчения длинномеров

Линия измельчения длинномеров (ЛИД) предназначена для измельчения и загрузки в специальные контейнеры высокоактивных, не подлежащих дальнейшему использованию, длинномеров с целью их последующего вывоза и выгрузки в хранилище твердых отходов (рис. 7). ЛИД предназначена для измельчения следующих типов

49

изделий: стержни СУЗ, технологические каналы, каналы СУЗ; прочие длинномерные специзделия, удовлетворяющие техническим характеристикам линии.

В состав ЛИД входит: оборудование подачи; установка измельчения; оборудование загрузки контейнеров; комплект контейнеров; подъемник дистанционный; электрооборудование.



46

Рис. 7. Схема обращения с фрагментами длинномерных изделий на ГСП ЧАЭС после ввода и эксплуатацию ЛИД.

50

ХОЯТ-2

На первом этапе эксплуатации ХОЯТ-2 неизбежно образование твердых и жидких РАО.

Сбор ТРО на объекте ХОЯТ-2 должен производиться на местах их образования, упаковываться и отправляться на ЗПТРО. Упаковки, не соответствующие критериям приемки ЗПТРО, будут храниться на ХОЯТ-2 в течение 30 лет.

Для транспортировки РАО ХОЯТ-2 из ХОЯТ-2 к местам приема РАО на ЧАЭС, согласно технической спецификации на ХОЯТ-2, должны применяться транспортные упаковочные комплекты (ТУК). Основным элементом ТУК являются контейнеры таких типов:

КТЗ-3.0 - транспортно-защитный контейнер для отправки ТРО 1-2-й группы из ХОЯТ-2 на ЧАЭС, объемом 3 м³;

КТЗВ-0.2 - транспортно-защитный контейнер для отправки ТРО 3-й группы из ХОЯТ-2 на ЧАЭС, объемом 0,2 м³;

ТУК ЖРО - транспортно-защитный контейнер для отправки ЖРО из ХОЯТ-2 на ЧАЭС.

Проблемные вопросы по обращению с РАО на ЧАЭС

Существующая система обращения с РАО на ГСП ЧАЭС имеет недостатки и не всегда соответствует требованиям нормативных документов. К основным недостаткам существующей системы обращения с РАО на ГСП ЧАЭС следует отнести то, что в настоящее время:

не производится очистка вод объекта «Укрытие» от трансураниевых элементов (ТУЭ) и органических соединений и очистка кубового остатка от органических соединений до момента передачи в цикл переработки ЖРО. Вода объекта «Укрытие» и кубовый остаток, содержащие органические соединения и ТУЭ, должны перерабатываться отдельным потоком с применением специальных установок, систем и оборудования для очистки от органики и ТУЭ, для обеспечения возможности дальнейшей переработке на выпарных аппаратах химического цеха (ХЦ) (вода объекта «Укрытие») и оборудовании ЗПЖРО (кубовый остаток);

отсутствуют недорогие рецептуры получения конечного продукта переработки ЖРО, которые бы позволяли принять его на захоронение в СОПХТРО (с учетом выщелачивания радионуклидов из цементной матрицы и механической прочности цементного компаунда). После проведения горячих испытаний на ЗПЖРО необходимо выполнить корректировку критериев приемки РАО на захоронение на СОПХТРО без снижения уровня безопасности хранилища, с целью уменьшения эксплуатационных затрат ЗПЖРО и затрат на захоронение за счет минимизации объема конечного продукта;

отсутствует технология обработки пульпы фильтроперлита на существующем оборудовании ЗПЖРО. Фильтроперлит в чистом виде (перед использованием на установках спецводоочистки) представляет собой порошок, изготовленный из вулканических, стеклоподобных водосодержащих перлитовых пород, обработанных термическим и механическим способом. При проведении испытаний с чистым перлитом в 2006 г. на ЧАЭС впервые столкнулись с проблемой переработки такого вида отходов. Из-за своих свойств перлиту невозможно было выполнить сепарацию от влаги, а декантатор вышел из строя - сломались скребки. В настоящее время ведутся работы по разработке рецептур цементации перлита без выполнения сепарации влаги;

не до конца решен вопрос о создании дополнительных хранилищ для хранения РАО на ЧАЭС и захоронения конечного продукта заводов по переработке РАО в хранилищах зоны отчуждения;

не решен вопрос о снятии ограничения в критериях приема ТРО на ЗПТРО от внешних источников, что не позволяет принять на сортировку и кондиционирование ВАО, образующихся при проведении работ по снятию с эксплуатации ЧАЭС и преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему (ЭБС);

51

не решен вопрос о характеристике РАО по радионуклидному составу с необходимой чувствительностью на разных этапах обращения с РАО (особенно определения содержания альфа-излучающих нуклидов);

не решен вопрос о безопасном хранении графитовых колец и втулок технологических каналов (ТК) и каналов СУЗ;

не определены источники и не обеспечено достаточное и своевременное финансирование создания дополнительных объектов по обращению с РАО.

Пути решения обозначенных проблем

С целью решения обозначенных проблем на площадке ЧАЭС выполняются следующие работы.

1. По вопросам очистки вод объекта «Укрытие» от ТУЭ и органических соединений был проведен ряд миссий МАГАТЭ:

проверка вариантов извлечения органики и ТУЭ из воды объекта «Укрытие» и кубового остатка на площадке ЧАЭС (2008 г.), проект UKR/3/002;

пересмотр проекта технической спецификации для строительства промышленной установки по очистке вод объекта «Укрытие» и ЖРО ХЦ от ТУЭ и органических соединений (2009 г.), проект UKR3003;

монтаж, испытания и создание тестового прототипа установки по очистке ЖРО (2010 г.), проект UKR/3/003;

пилотная установка по очистке ЖРО - тестовый протокол и результаты (2011 г.), проект UKR/3/003;

монтаж и испытания дополнительного модуля пилотной установки (февраль 2012 г.), проект UKR/9/030.

По результатам проведенных миссий составлена техническая спецификация на оборудование (элементы) пилотной установки, получено оборудование, выполнен монтаж пилотной установки по очистке ЖРО от ТУЭ и органики, проведены испытания. По итогам проведенной работы разработан проект технической спецификации на промышленную установку. Данный проект включен в План действий ЕК 2011.

2. Разработаны рецептуры цементации кубового остатка без доупаривания и рецептуры⁴⁸ цементации перлита без выполнения сепарации влаги

3. В сентябре 2012 г. заключен договор с ПАТ «Киевский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Энергопроект» на выполнение ПИР «Разработка ТЭО создания и размещения новых дополнительных установок по обращению с радиоактивно загрязненными материалами и радиоактивными отходами».

4. Разработано техническое решение «О создании пункта временного хранения радиоактивного канального графита». Данное решение в настоящее время находится на рассмотрении и согласовании в структурных подразделениях ЧАЭС. После утверждения на ЧАЭС техническое решение будет направлено на согласование в Госатомрегулирование Украины.

5. Начаты работы по проведению «горячих» испытаний на ЗПТРО. По результатам «горячих» испытаний будет решен вопрос снятия ограничения в критериях приема ТРО на ЗПТРО от внешних источников, что не позволяет принять на сортировку и кондиционирование ВАО, образующихся при проведении работ по снятию с эксплуатации ЧАЭС и преобразованию объекта «Укрытие» в ЭБС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку", 1995.
2. Закон України "Про поводження з радіоактивними відходами", 1995.
3. *Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення. Державні гігієнічні нормативи (НРБУ-97/Д-2000), ДГН 6.6.1.-6.5.061-2000.*

4. *Техническое задание. Интегрированная программа обращения с РАО. Отчет D3. Объемы РАО, 2004.*

5. *Техническое задание. Интегрированная программа обращения с РАО. Отчет D5. Анализ достаточности существующих установок переработки РАО, 2004.*

6. *Техническое задание. Интегрированная программа обращения с РАО. Отчет D7. Определение необходимых дополнительных установок по обращению с РАО, 2004.*

7. *Техническое задание. Интегрированная программа обращения с РАС. Отчет D11. Интегрированный отчет по РАО, 2004.*

8. *Интегрированная программа обращения с радиоактивными отходами на этапе прекращения эксплуатации Чернобыльской АЭС и преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, 2ПР-С.*

9. *Положение по обращению с жидкими радиоактивными отходами на ГСП «Чернобыльская АЭС», 68П-С.*

10. *Положение по обращению с твердыми радиоактивными отходами на ЧАЭС, 29П-С.*

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ НА ЧАЕС

В. А. Сейда, А. П. Цивун

Наведено загальні відомості про ЧАЕС, короткий опис промайданчика та енергоблоків станції, існуючих споруд із поводження з радіоактивними відходами (РАВ) на ДСП ЧАЕС. Подано прогностичні оцінки об'ємів РАВ на промайданчику ЧАЕС, проекти, що реалізуються на промайданчику ЧАЕС, розглянуто проблемні питання поводження з РАВ та шляхи вирішення визначених проблем.

Ключові слова: радіоактивні відходи, промайданчик ЧАЕС.

ISSUES ON RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AT THE ChNPP

V. A. Seida, A. P. Zhivun

The work is devoted to the issues of the radioactive waste management at the Chernobyl NPP site. General information about ChNPP, a brief description of the industrial site and power units, the existing facilities for radioactive waste management at ChNPP are given. Predictive assessment of the RAW capacity at the ChNPP site, ongoing projects at the ChNPP site, problematic aspects of the radioactive waste management and solutions to the identified problems are given.

Keywords: radioactive waste, the ChNPP site.

53

УДК 621.039.58

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕЗАКТИВАЦІЇ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ З ПОЛІХЛОРВІНІЛОВОЇ ПЛІВКИ, ГУМИ ТА ЛАВСАНУ ВІД РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

В. Г. Іванець¹, Г. В. Лисиченко¹, Т. Г. Волошенюк²

¹ Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НЛН України», Київ

² ТОВ «Енергохім», Київ

Наведено результати випробування нової технології дезактивації від радіоактивного забруднення засобів індивідуального захисту з поліхлорвінілової плівки, гуми та лавсану, що забезпечує суттєве скорочення кількості рідких радіоактивних відходів. Запропонована технологія рекомендована до впровадження на підприємствах атомної енергетики та при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій з радіоактивними речовинами.

Ключові слова: дезактивація, засоби індивідуального захисту, поліхлорвінілова плівка, гума, лавсан.

Постановка задачі

До останнього часу дезактивація засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) із поліхлорвінілової плівки, гуми та спецвзуття з верхом із лавсанової тканини, що використовуються персоналом АЕС України, проводилася за малоефективною технологією 80-х років минулого століття [1 - 4], основні показники якої наведено в табл. 1.

Зазначений спосіб дезактивації [5] багатостадійний, з використанням значної кількості води та хімічних реагентів, включає гри цикли прання по 15 хвилин (хв.) та п'ять циклів полоскань по 3 хв. кожне. У процесі дезактивації використовується шість хімічних реагентів: поверхнево-активні речовини (ПАР), кальцинована сода, поліфосфат натрію, щавлева кислота, марганцевокислий калій та синтетичний мийний засіб марки "РОБОТ" ТУ 6-15-1065-77 або порошок синтетичний для механічних пралень ОСТ 6-15-933-75, які повинні додаватися в пральну машину в певний час, у визначеному порядку, що створює значне навантаження на персонал і суттєво ускладнює процес дезактивації, який має досить високі показники вартості.

На 1 кг ЗІЗ із поліхлорвінілової плівки та гуми, спецвзуття з верхом із лавсанової тканини для 1-го циклу прання використовують 5 дм³ води із додаванням 15 г засобу синтетичного миючого марки "РОБОТ" ТУ 6-15-1065-77 або порошку синтетичного для механічних пралень відповідно до регламенту ОСТ 6-15-933-75, 15 г кальцинованої соди, 20 г поліфосфату натрію. Для 2-го циклу прання використовують 5 дм³ води із додаванням 20 г соди кальцинованої, 15 г поліфосфату натрію і 5 г марганцевокислого калію та проводять два полоскання, по 3 хв. кожне, на які використовується по 7 дм³ води. Для 3-го циклу прання використовують 5 дм³ води і додають 15 г ПАР речовин, 20 г поліфосфату натрію, 10 г

щавлевої кислоти та проводять три полоскання, по 3 хв. кожне, на які використовують по 7 дм³ води. Загальний час дезактивації матеріалів за наведеною технологією 60 хв. (див. табл. 1).

Недоліком цього способу дезактивації 3ІЗ є його низька ефективність, висока ресурсоемкість та трудомісткість, що обумовлено значним використанням води, значною кількістю хімічних реагентів, великими витратами хімічних реагентів, збільшеними витратами часу на дезактивацію.

Зазначені чинники, з одного боку, обумовлюють високі фінансові витрати на дезактивацію, а з іншого - призводять до утворення більшої кількості рідких радіоактивних відходів (РРВ).

Представлена публікація висвітлює авторські пропозиції щодо шляхів удосконалення існуючої технології дезактивації 3ІЗ та інших виробів із поліхлорвінілової плівки, гуми та лавсанової тканини.

© В. Г. Іванець, Г. В. Лисиченко, Т. Г. Волошенюк, 2012

54

Таблиця 1. Регламентний режим дезактивації засобів індивідуального захисту з⁵⁰ поліхлорвінілової плівки, гуми та лавсану

Назва операції	Температура, °С	Модуль рідини, дм/кг	Витрати на 1кг ЗІЗ							Тривалість обробки, хв
			Вода, дм ³	ПАР або СМЗ, г		Сода кальцинована, г	Поліфосфат Na, г	Щавелева к-та, г	Марганцевокислий калій, г	
Прання 1	35-40	5	5	-	15	15	20	-	-	15
Прання 2	35-40	5	6	-	-	20	15	-	5	15
Полоскання	35-40	7	7	-	-	-	-	-	-	3
Полоскання	35-40	7	7	-	-	-	-	-	-	3
Прання 3	35-40	5	5	15	-	-	20	10	-	15
Полоскання	35-40	7	7	-	-	-	-	-	-	3
Полоскання	35-40	7	7	-	-	-	-	-	-	3
Полоскання	35-40	7	7	-	-	-	-	-	-	3
Всього:		50	15	15	35	55	10	5		60

Методологічна частина

Дезактивацією називають процес звільнення спецвзуття та ЗІЗ від радіоактивних забруднень за допомогою водних розчинів ПАР [6]. Радіоактивне забруднення спецвзуття і ЗІЗ має свої особливості. Наприклад, СВ та ЗІЗ можуть бути забруднені масляними та лакофарбовими плямами, цементним та металевим пилом, сажею та вуличним брудом, липкими речовинами, що закріплюються на тканинах, проникаючи між волокнами в пори та щілини.

У місцях забруднення переважно виявляються сполуки типу простих Me_nO_m (UO₂, PuO₂, SrO, Cs₂O тощо) і складних форм утворення Me_n, Me_p, Me_c⁺⁺⁺O_m, де Me, Me⁺⁺, Me⁺⁺⁺ - різні елементи періодичної системи Менделєєва: кальцій, магній, залізо, алюміній, кремній, цезій, уран, плутоній та ін. Також радіонукліди можуть перебувати у вигляді твердих частинок пилу й у складній адсорбованій на поверхні матеріалу формі, що важко видаляється, а також у різних ступенях окислення у вигляді сорбованих на тканинах розчинних або полімеризованих формах.

У загальному вигляді процес забруднення волокон, тканин складається з таких фаз: осадження частинок пігментів із зовнішнього середовища на поверхні волокна; адсорбції забруднення зовнішньою поверхнею волокна; дифузії забруднення всередину волокна; фіксації забруднень волокнами.

Основними факторами, що впливають на забруднення, є статична електрика, зношеність тканин, жиромасляні плівки, структура та вид тканини.

У воді з природною концентрацією солей вміст розчинних радіонуклідів становить від $n \cdot 10^{-7}$ до $n \cdot 10^{-10}$ Кі/дм³, що значно менше, ніж необхідно для ефективної дезактивації. Враховуючи зазначене, при проведенні дезактивації необхідно підбирати розчини, які б відповідали таким характеристикам:

- швидко і повно змочують оброблювану поверхню і забруднюючу речовину;
- руйнують зв'язок радіоактивної речовини з поверхнею і переводять забруднення в розчин;

- запобігають повторній сорбції радіонуклідів на поверхні ЗІЗ;

55

- не завдають руйнівної дії на поверхню й не викликають збільшення сорбційної здатності поверхні матеріалу;

- при переході у стічні води спеціальні забезпечують очищення стічних вод із використанням встановленого очисного обладнання та застосованої технології.

Таким чином, розроблювана технологія дезактивації повинна виключати можливість утворення важкорозчинних сполук у процесі прання й сприяти переведенню забруднюючих речовин у розчин як при наявності в них водорозчинних форм, так і з дисперсних важкорозчинних форм.

За встановленими критеріями режими дезактивації ЗІЗ повинні забезпечувати:

- значення коефіцієнта дезактивації не менше 5;

- видалення нерадіоактивних забруднень біологічного й технічного характеру;

- необхідний рівень дезінфекції ЗІЗ;

- збереження зовнішнього вигляду, захисних та експлуатаційних властивостей ЗІЗ, що дезактивуються;

- дотримання вимог нормативної документації на матеріал за показником значення міцності на розрив.

Система «водний розчинник - вироби - забруднення - підсилювачі» характеризується складністю й багатофакторністю. Основними факторами, що безпосередньо впливають на процес дезактивації при розробці нового складу, з урахуванням режимів дезактивації, були обрані концентрації: суміші ПАР, регуляторів рН дезактивуючих розчинів, комплексоутворювачів, електролітів, стабілізаторів, запашок [7].

Підбір основних і допоміжних компонентів рецептур здійснювався виходячи з міркувань про те, що сучасні мийно-дезактивуючі засоби, незалежно від товарної форми, повинні бути зручними для використання, забезпечувати високу мийну та дезактивуючу дію, запобігати старінню й руйнуванню поверхонь, що дезактивуються, бути стабільними при зберіганні, легко виділятися із стічних вод або розкладатися, не наносячи екологічного збитку навколишньому середовищу. При цьому дезактивуючі засоби також повинні сприяти зниженню енергоємності процесу дезактивації, скороченню утворення РРВ та зменшенню їхнього солевмісту, а також витрат на переробку та зберігання РРВ.

Враховуючи, що забезпечити максимум задоволення всіх вимог неможливо через їхні суперечливості, а іноді й взаємовиключення, кожна рецептура розроблялася виходячи з розумного компромісу співвідношень основних функціональних та експлуатаційних властивостей із показниками вартості. У зв'язку з цим поставлена в роботі задача зводилася до розробки дезактивуючих засобів, що мають найкращі мийні та дезактивуючі властивості при заданій собівартості та рівні впливу на навколишнє середовище. При цьому враховувалося, що виробництво дезактивуючих засобів має бути технологічним, а закладені в рецептуру компоненти - доступними.

Такий підхід до створення нової рецептури дезактивації ЗІЗ можна звести до визначення багатокритеріальної функції з установленим інтервалом значень ключових факторів. Авторами запропоновано використовувати для цієї мети теорію «методу поступок», тобто пошук не єдиного точного оптимуму, а деяку область рішень, близьких до оптимуму - квазіоптимальної множини [8].

При розв'язанні багатокритеріальної задачі методом послідовних поступок спочатку виконують якісний аналіз відносної важливості кожного з критеріїв, за результатами якого критерії розміщують і нумерують у порядку убавання важливості так, що головним є критерій K_1 , менш важливий K_2 , потім ідуть інші окремі критерії K_3, K_4, K_5 . Максимізується перший за важливістю критерій K_1 і визначається його найбільше значення Q_1 . Потім призначається величина «допустимого» зниження (поступки) $\Delta_1 > 0$ критерію K_1 і шукається найбільше значення Q_2 другого критерію K_2 за умови, що значення першого критерію має бути не менше, ніж $Q_1 - \Delta_1$. Знову призначається величина поступки $\Delta_2 > 0$, але вже за другим критерієм, яка разом з першою використовується при знаходженні умовного максимуму третього критерію, і т.д. 52

56

Нарешті, максимізується останній за важливістю критерій K_r за умови, що значення кожного критерію K_r з $S-1$ попередніх повинно бути не менше відповідної величини $Q_r - \Delta_r$. Одержані в результаті стратегії вважаються оптимальними.

Таким чином, оптимальною вважається будь-яка стратегія, що є рішенням останнього завдання з наступної послідовності завдань:

- 1) знайти $Q_1 = \sup_{u \in U} K_1(u)$;
- 2) знайти $Q_2 = \sup_{\substack{u \in U \\ K_1(u) \geq Q_1 - \Delta_1}} K_2(u)$;
- 3) знайти $Q_s = \sup_{\substack{u \in U \\ K_r(u) \geq Q_r - \Delta_r}} K_s(u)$,
 $r = 1, 2, \dots, S-1$.

Відповідно до вищевикладеного при створенні рецептур для дезактивації ЗІЗ були обрані наступні критерії з обмеженням інтервалу досліджень, у порядку ранжирування:

1. Концентрація ПАР від 10,0 до 25,0 %. Діапазон обирався виходячи з міркувань досягнення високої миючої дії при збереженні прийнятної собівартості кінцевого продукту.

2. Концентрація комплексоутворювачів від 15,0 до 20,0 %. Діапазон обирався для пом'якшення води до рівнів, що сприяють досягненню максимальної миючої здатності ПАР.

3. Концентрація регуляторів рН від 10,0 до 15,0 %. Діапазон обирався з міркувань досягнення та підтримки рН дезактивуючих розчинів на рівні 7,8-10,2 для забезпечення максимальної миючої дії використовуваних ПАР.

4. Концентрація електролітів від 10,0 до 20,0 % Діапазон обирався з міркувань граничного зменшення критичної концентрації міцелоутворення використаних ПАР.

Випробовування

За результатами математичного моделювання, що проводилось на першому етапі досліджень, було визначено оптимальні співвідношення інтервалів значень для компонентів розчинів дезактивації [9].

На другому етапі, де експериментально було проаналізовано 116 рецептур, відповідно до вимог ГОСТ 4.70-81 проводилась оцінка властивостей розчинів щодо ефективності дезактивації [6]. Їхня експериментальна перевірка здійснювалась при однакових умовах, що враховували: рівень вихідного забруднення; температурний режим; час дезактивації; механічний вилив.

У результаті проведених розрахунків та експериментів було отримано ряд рецептур, з найкращими режимами дезактивації, залежно від природи поверхонь, що дезактивувались;

видів радіоактивних, механічних, олійно-жирових забруднень; сольового складу води для прання. На базі цих рецептур створено серію миючих засобів дезактивації марки «ЩИТ» [10].

Підчас проведення дослідно-промислових випробовувань в умовах Запорізької, Хмельницької та Південно-Української АЕС зазначені миючі засоби було застосовано для дезактивації ЗІЗ та спецвзуття. При їхній дезактивації вдалося суттєво скоротити кількість РРВ, що досягалося завдяки зменшенню кількості прань і полоскань. Запропонована технологія дезактивації ЗІЗ здійснюється за наступною схемою (із розрахунку на 1 кг забруднених матеріалів):

на перше прання, що триває 15 хв., використовують 5 дм³ води з додаванням 25 г мийно-чистильного засобу марки «ЩИТ» і проводять одне полоскання в 8 дм³ води протягом 5 хв;

на друге прання, що триває 15 хв., використовують 5 дм³ води із застосуванням 25 г мийно-чистильного засобу марки «ЩИТ» і проводять

57

три полоскання (по 5 хв. кожне) з використанням на перші два полоскання по 8 дм³ води і на третє полоскання - 7 дм³ [10]. Тривалість циклу дезактивації 50 хв., як показано в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристика основних показників для різних стадій запропонованої технології дезактивації ЗІЗ із поліхлорвінілової плівки та гуми

Назва операції	Температура, °С	Модуль рідини, дм ³ /кг	Витрати на 1 кг ЗІЗ		Тривалість обробки, хв.
			Вода, дм ³	Засіб "Щит"	
Прання 1	35-40	5	5	25	15
Полоскання	35-40	8	8	-	5
Прання 2	35-40	5	5	25	15
Полоскання	35-40	8	8	-	5
Полоскання	35-40	8	8	-	5
Полоскання	35-40	7	7	-	5
Всього:			41	50	50

Застосування розробленої технології дезактивації ЗІЗ (із поліхлорвінілової плівки та гуми) та спецвзуття (з верхом із лавсанової тканини) від забруднення радіоактивними речовинами із застосуванням мийно-чистильного засобу марки "ЩИТ" у промислових умовах експлуатації АЕС (у розрахунку на 1 кг матеріалів) дає змогу скоротити:

вихід РРВ і витрати води з 50 до 41 дм³;

кількість хімічних реагентів з 6 до 1 компонента;

витрати хімічних реагентів зменшується з 135 до 50 г;

витрати часу на дезактивацію скорочуються з 60 до 50 хв.;

солеміст РРВ з 2,7 до 1,2 г/дм³ [11].

У табл. 3 представлено результати дезактивації ЗІЗ (із поліхлорвінілової плівки та гуми) та спецвзуття (з верхом із лавсанової тканини) розробленим способом на Запорізькій АЕС.

Таблиця 3. Характеристика основних показників дезактивації ЗІЗ та спецвзуття за запропонованою технологією при випробуваннях на Запорізькій АЕС

Назва ЗІЗ	Початковий рівень забруднення, β -част./($\text{см}^2 \cdot \text{хв.}$)	Залишковий рівень забруднення при застосуванні засобу "ЩИТ", β -част./($\text{см}^2 \cdot \text{хв.}$)	Залишковий рівень забруднення за прототипом β -част./($\text{см}^2 \cdot \text{хв.}$)
Комбінезон із поліхлорвінілової плівки	700	65	78
Полукомбінезон із прогумованої тканини	680	60	81
Нарукавники із поліхлорвінілової плівки	650	56	84
Фартух із прогумованої тканини	680	56	78
Спецвзуття з лавсановим верхом із лавсанової тканини	780	81	100
Усереднені значення параметрів	698	63,6	84,2

54

58

Як видно з табл. 3, залишкові рівні забруднення при застосуванні пропонованого методу дезактивації ЗІЗ нижчі порівняно з проектним.

У табл. 4 наведено порівняльні дані щодо коефіцієнтів дезактивації β -випромінювання K_β для ЗІЗ та спецвзуття після проведення випробувань за проектним та за розробленим способами.

Як видно з табл. 4, середній коефіцієнт дезактивації ЗІЗ та спецвзуття при застосуванні розробленого способу K_β дорівнює 11,0, а при застосуванні проектного способу K_β дорівнює 8,3.

Таблиця 4. Порівняльні значення коефіцієнтів дезактивації K_β після проведення випробувань за проектним та за розробленим способами

Назва ЗІЗ	Коефіцієнт дезактивації при застосуванні засобу марки "ЩИТ", K_β	Коефіцієнт дезактивації за проектним способом, K_β
Комбінезон з поліхлорвінілової плівки	10,8	9,0
Полукомбінезон із прогумованої тканини	11,3	8,4
Нарукавники з поліхлорвінілової плівки	11,6	7,7
Фартух із прогумованої тканини	12,1	8,7
Спецвзуття з верхом із прогумованої тканини	9,6	7,8
Усереднені значення параметрів :	11,0	8,3

Висновки

Результати порівняння даних табл. 3 і 4 показують, що розроблений спосіб дезактивації 313 (із поліхлорвінілової плівки та гуми) та спецвзуття (із лавсанової тканини) є більш ефективним порівняно з проектним. Його впровадження дає змогу:

скоротити кількість радіоактивних відходів, підвищити ефективність дезактивації ЗІЗ, а саме:

- скоротити кількість РРВ і витрат води на 18 %;
- зменшити солеміст РРВ на 55,5 %;
- зменшити витрати хімічних реагентів на 63,0 %;
- підвищити середній коефіцієнт дезактивації K_{β} на 32,5 %;
- зменшити кількість хімічних реагентів до одного;
- скоротити час дезактивації на 16,7 %.

У результаті застосування пропонованого способу скорочення кількості РРВ при дезактивації ЗІЗ із поліхлорвінілової плівки та гуми, спецвзуття з верхом із лавсанової тканини від радіоактивного забруднення на підприємствах атомної енергетики України економічний ефект може становити близько 200 тис. гривень на рік.

59

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДНАОПО.03-1.74-39. N5163-89. Санитарные правила для промышленных и городских спецпрачечных по дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты.
2. ГОСТ 25146-82 Материалы радиоактивных средств и атомных энергетических установок. Метод определения коэффициента дезактивации.
3. ОСП-72-87 Санитарные правила для промышленных и городских спецпрачечных по дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты.
4. ГОСТ 4.70-81 Система показателей качества продукции. Рецептуры дезактивирующие. Номенклатура показателей.
5. Инструкция «По обработке спецодежды, белья и дополнительных средств индивидуальной защиты, загрязненных радиоактивными веществами», утвержденная заместителем директора технического по эксплуатации и ремонту общестанционных объектов Запорожской АЭС.
6. Иванец В. Г. Сокращение количества РАО на объектах атомной энергетики Украины, использующих водосберегающие режимы дезактивации // Координационный научно-технический совет по обращению с РАО концерна «Росэнергоатом», 10-12 июня 2003 г., г. Энергодар.
7. Волошенюк Т. Г., Иванец В. Г., Ковалев И. И. Технология жидкостной дезактивации радиоактивных загрязнений с использованием малореагентных химических составов // Сборник научных трудов / Севастопольский ИЯЭиП. - 2004. - № 10.
8. Иванец В. Г. Разработка средств дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты на основе малореагентных химических составов // Ядерная радиационная безопасность. - 2010. - № 3(47).
9. Иванец В. Г. Выбор оптимальных соотношений компонентов дезактивирующего раствора с помощью математического моделирования // Там же. - 2011. - № 1(49).
10. Патент на винахід № 65169 від 15.03.2004 р. Бюл. № 3, 2004 р. «Дезактивуючий мийний засіб із зниженням ціноутворенням».
11. Деклараційний патент № 2540 від 15.06.2004. Бюл. № 6, 2004 р. «Спосіб скорочення рідких радіоактивних відходів при дезактивації взуття і засобів індивідуального захисту із поліхлорвінілової плівки та гуми від радіоактивного забруднення».

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЕЗАКТИВАЦИИ СРЕДСТВ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ИЗ ПОЛИХЛОРВИНИЛОВОЙ ПЛЕНКИ, РЕЗИНЫ И ЛАВСАНА ОТ
РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В. Г. Иванец, Г. В. Лисиченко, Т. Г. Волошенюк

Приведены результаты опробования новой технологии дезактивации от радиоактивных загрязнений средств индивидуальной защиты из полихлорвиниловой пленки, резины и лавсана, которая обеспечивает существенное сокращение количества жидких радиоактивных отходов. Предложенная технология рекомендована для внедрения на предприятиях атомной энергетики и при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций с радиоактивными веществами.

Ключевые слова: дезактивация, средства индивидуальной защиты, полихлорвиниловая пленка, резина, лавсан.

DEACTIVATION TECHNOLOGY IMPROVEMENT OF PERSONAL REMEDIES MADE FROM
POLYVINYLCHLORIDE FILM, RUBBER AND LAVSAN AS A PROTECTION
FROM RADIOACTIVE CONTAMINATION

V. G. Ivants, V. Lysychnko, T. G. Volosheniuk

The given article presents the results of testing of the new technology of personal remedies made from polyvinylchloride film, rubber and lavsan as a protection from radioactive contamination, that provides a significant reduction of liquid radioactive waste. Proposed technology is recommended for the implementation in the nuclear industry and in emergencies to liquidate the consequences involving radioactive substances.

Keywords: deactivation, personal remedies, polyvinylchloride film, rubber, lavsan.

56

60

УДК 544.77:537.811:538.911

НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК СОРБЕНТЫ ДЛЯ ДЕЗАКТИВАЦИИ
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ РАСТВОРОВ

Г. В. Лисиченко, В. М. Калошников, Ю. В. Литвиненко, Ю. Л. Забулонов

Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», Киев

На модельных растворах в лабораторных условиях апробировано новое технологическое решение обезвреживания многокомпонентных металлсодержащих и низкоактивных радиоактивных стоков. Предложенный подход органично сочетает положительные свойства как физико-химических методов, так и нанотехнологий с использованием кремниймагнетитового нанокompозита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$. После разделения твердой и жидкой фаз, исследования показали, что из дисперсионной среды в твердую фазу за один цикл переходят около 75 % Cs, 97 % Sr, 93 % Sr, 97 % Cu и 99 % $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$. Для оценки эффективности предложенного подхода необходимо провести опытно-промышленную проверку дезактивации на реальных техногенных растворах - жидких радиоактивных отходах АЭС.

Ключевые слова: дезактивация, техногенные растворы, радионуклиды, нанокompозит, коллоидная система, гетерокоагуляция.

Природоохранные технологии, существующие в настоящее время, не обеспечивают достаточно эффективного уровня дезактивации многокомпонентных техногенных растворов. Причинами этого являются их несовершенство, низкая эффективность, высокая энергоемкость и себестоимость, а также образование значительного количества вторичных отходов, которые не менее опасны, чем исходные, и представляют опасность вторичного загрязнения окружающей среды.

Особо актуальной становится необходимость внедрения новых методов обезвреживания многокомпонентных техногенных растворов, которые содержат ионы тяжелых металлов, токсичные элементы и радионуклиды. Эти методы должны органично сочетать положительные стороны, как традиционных физико-химических методов, так и нанотехнологий. Комплексное сочетание нескольких эффективных процессов очистки загрязненных вод, а именно применение физических способов воздействия (импульсное магнитное поле - ИМП) совместно с химическими методами (синтез нанокompозитов), а также применение технологий утилизации отходов, позволит комплексно решать задачи дезактивации многокомпонентных техногенных растворов и существенно повысить экологическую безопасность промышленных стоков.

В данный момент для задач дезактивации техногенных растворов широко применяются различные сорбирующие материалы с высокой пористостью, что обеспечивает более полный контакт сорбента и жидкой фазы. К основным существенным недостаткам этих традиционных методов следует отнести технологическую сложность и высокую стоимость

получения таких сорбентов. Проведенные авторами данной публикации исследования показывают, что указанные ограничения могут быть сведены к минимуму за счет использования наноразмерных сорбентов.

Целью работы является разработка метода, позволяющего концентрировать поллютанты различной природы в небольшом объеме, а также изолировать их в минеральной стекломатрице.

Существует целый класс сорбентов, обладающих высокой сорбционной активностью и селективностью. Основной их характерной чертой является необходимость присутствия развитой поверхности, посредством которой происходит взаимодействие твердой и жидкой фаз. Однако при создании сорбентов с большой удельной поверхностью образуются частицы с повышенным количеством нанокapилляров, процессы сорбции в которых резко замедляются.

© Г. В. Лисиченко, В. М. Кадошников, Ю. В. Литвиненко, Ю. Л. Забулонов, 2012

61

В отличие от методов, при которых сорбент смешивается с раствором, в нашей работе наноразмерный сорбент синтезируется непосредственно в техногенно загрязненном растворе, при этом присутствующие поллютанты используются при формировании наночастиц композита (рис. 1). Поллютанты диверсионной среды частично поглощаются объемом синтезируемых наночастиц, а частично адсорбируются их поверхностью. В качестве таких наночастиц используется коллоиды поликремниевых кислот (до 20 нм), полученных при полимеризации кремниевой кислоты в присутствии ионов натрия [2].

Поликремниевые кислоты ввиду их сродства с классом катионов были использованы в качестве сорбента [3]. Основными механизмами, определяющими поглощение катионов из дисперсионной среды с наночастицами поликремниевых кислот, можно выделить такие: поглощение катионов непосредственно в процессе формирования нанокolloидов, сорбция их поверхностью уже образованной коллоидной частицы. Для формирования коллоидной частицы в качестве центрального координирующего иона может выступать ион натрия.

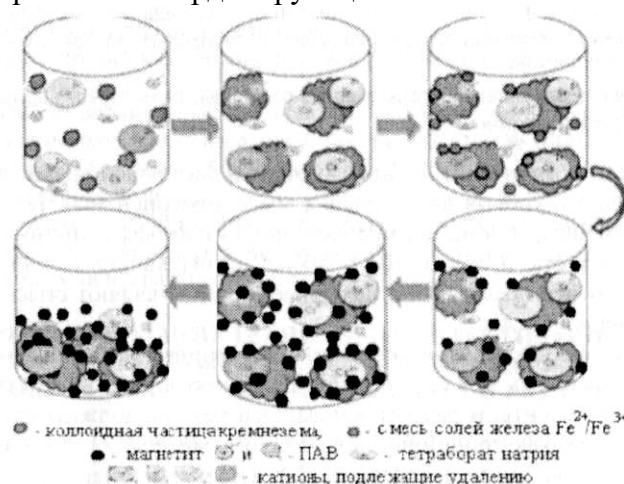


Рис. 1. Схема синтеза нанокomпозита SiO_2/Fe_3O_4 .

Согласно представлениям автора [3], образование коллоида поликремниевых кислот происходит путем полимеризации мономера с образованием частиц, когда первоначально образованные молекулы $Si(OH)_4$ конденсируются, формируя коллоидные частицы, с последующим их ростом. На величину коллоидных частиц существенное влияние оказывает кислотность среды и соотношение между координирующим атомом (натрий и др.) и количеством поли кремниевых кислот.

Катионы натрия действуют как ионы, формирующие «мостиковые связи». При взаимодействии таких катионов с поверхностью кремнезема один или несколько атомов кислорода молекул гидратной воды могут замещаться атомами кислорода, которые принадлежат поверхностным силанольным группам $\equiv Si-OH$ так, что последние оказываются непосредственно связанными с атомами натрия. Следовательно, положительный заряд иона

натрия способен нейтрализовать отрицательный заряд адсорбированного вблизи него гидроксил-иона, который определяет заряд самой частицы, а значит, может действовать как мостиковая связь между двумя частицами поликремниевых кислот. При $\text{pH}=8,5-9$ в дисперсионной среде могут находиться силикат-ионы, содержащие свои катионы, которые должны дополнительно учитываться. Как и катионы натрия, присутствующие в системе щелочные катионы Cs^{1+} могут участвовать в образовании коллоидной системы, следовательно, переходить из жидкой фазы в твердую (коллоидную). Участие ионов щелочных металлов в образовании коллоидных мицелл приводит к возникновению большего числа точек присоединения. Следует также отметить, что способность

62

ионов металлов соединяться с поликремниевой кислотой понижается по мере ее полимеризации, а значит, увеличения размеров частиц. Присутствие в дисперсионной среде двухзарядных катионов (Sr^{+2} , Co^{+2} , Cu^{+2}) может оказывать существенное влияние на мицеллообразование. Помимо однозарядных ионов щелочных металлов (Na^{+1} , Cs^{+1} , K^{+1} и др.), двухзарядные ионы щелочноземельных и переходных металлов (Ca^{+2} , Sr^{+2} , Cu^{+2} , Mn^{+2} и др.)⁵⁸ при $\text{pH}\approx 9$ могут адсорбироваться и проявлять себя подобно положительно заряженным центрам на поверхности. Они могут действовать подобно мостикам благодаря реакции с двумя частицами кремнезема в точках их контакта.

При определенных термодинамических условиях иоликремниевые кислоты взаимодействуют с катионами металлов, находящимися в этом растворе, таким образом, что часть последних вовлекаются непосредственно в объем коллоидной частицы, а часть может адсорбироваться на поверхности такой частицы. Таким образом, полученные наночастицы образуют термодинамически неравновесную, но кинетически устойчивую систему. Для осаждения наночастиц из полученной нами дисперсной системы мы предлагаем использовать технологию гетерокоагуляции их наночастицами с противоположными зарядами. В частности, с этой целью могут быть использованы наночастицы магнетита, синтезированные в этом же растворе при pH , выше 9 [4]. Кремниймагнетитовый нанокомпозит $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$, получаемый по предлагаемому нами методу [5], представляет собой искусственный наноразмерный полиминеральный материал, формируемый путем гетерокоагуляции частиц поликремниевых кислот дисперсией магнетита (рис. 2).

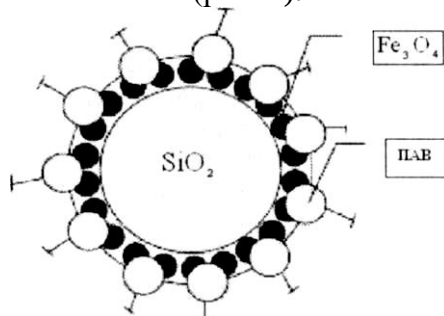


Рис. 2. Схематическая структура частицы наноразмерного композита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$. ПАВ - поверхностно-активные вещества.

Синтез нанокомпозита целесообразно проводить с использованием ИМП. Его применение может быть полезным для формирования наночастиц магнетита с необходимыми свойствами. В частности, существует возможность получения нанодисперсного магнетита не только с повышенным количеством ОН-групп, но и с феррогидритами $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ на их поверхности. Присутствие ОН-групп на поверхности магнетитов повышает его сорбционную активность и, как следствие, способствует образованию координационных связей между магнетитом и лигандами дисперсионной среды. В таких условиях, в результате «электромагнитного встряхивания», получаемые наночастицы магнетита находятся в условиях конкуренции процессов адсорбции на поверхности частиц кремнезема и собственно роста самих частиц. Таким образом, в условиях влияния ИМП преобладают факторы, которые

способствуют максимально полному осаждению частиц магнетита на поверхности кремнезема (рис. 3).

После разделения твердой и жидкой фаз, исследования показали (рис. 4), что значительная часть лютоантов из дисперсионной среды перешла в твердую фазу.

Как видно из приведенных данных, из дисперсионной среды в твердую фазу переходят около 75 % Cs, 97 % Sr, 93 % Sr, 97 % Cu и 99 % $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ за 1 цикл.

63

С целью дополнительного уменьшения объемов полученного осадка и обеспечения надежной изоляции поглощенных в нем элементов от миграции в окружающей среде целесообразно провести термическую обработку осадка при температурах 800-1000 °С.

Традиционные технологии предусматривают применение методов цементирования, битумирования, остекловывания, каждый из которых имеет ряд недостатков. Обычно применяется комплексная технология переработки, включающая несколько методов.

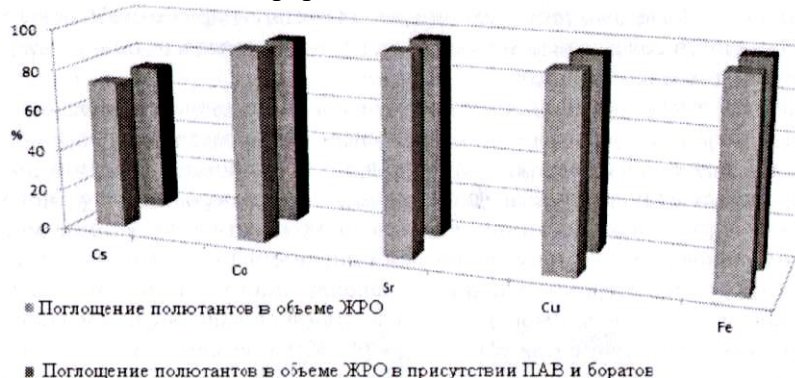


Рис. 3. Поглощение наноккомпозитом $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ лютоантов из многокомпонентных техногенных растворов.

При синтезе нашего наноккомпозита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ соотношения между кремниевой кислотой и количеством щелочных металлов было выбрано таким образом, чтобы обеспечить образование наночастиц, а с другой стороны, получаемые частицы имели состав, близкий по составу к стеклу. Прогрев воздушно-сухого образца наноккомпозита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ до температуры 1000 °С сопровождается образованием жидкой фазы, которая при охлаждении образует стекловидную аморфную фазу (рис. 4, а). В объеме последней находятся кристаллы (рис. 4, б), которые методом рентгеновского фазового анализа диагностируются как α -гематит ($\alpha\text{-Fe}_3\text{O}_4$).

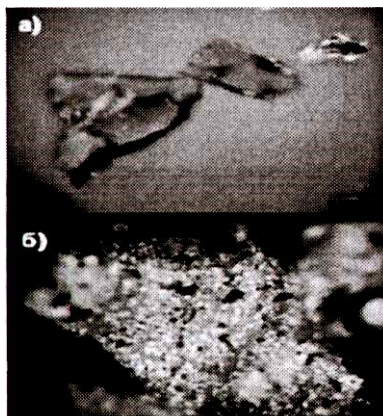


Рис. 4. Снимки рефлекссионной поляризационной оптической микроскопии образца наноккомпозита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$, выдержанного при температуре 1000 °С.

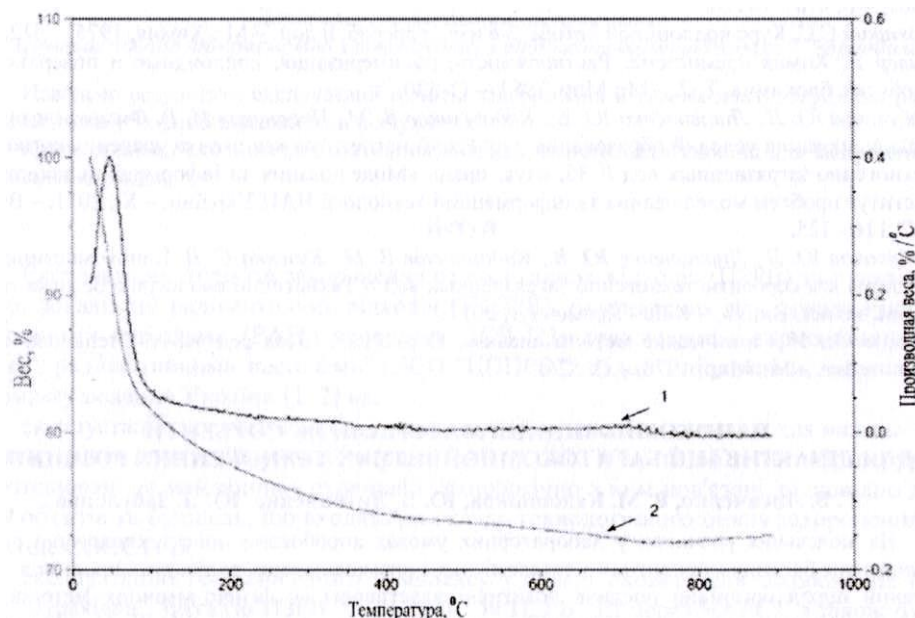
59

Подобные преобразования подтверждают исследования, проведенные методом термогравиметрического анализа (ТГА) в атмосфере воздуха (рис. 5). При этом для наноккомпозита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ выявлена интенсивная потеря свободной воды в области

температур до 100 °С. С последующим нагревом, в области 150-450 °С, наблюдается интенсивная потеря связанной воды, характерная для процесса дегидратации

64

агломератов и разрушения гидратных оболочек коллоидных частиц поликремниевых кислот. Дальнейшее увеличение температуры свыше 750 °С приводит к превращению магнетита Fe_3O_4 в гематит Fe_2O_3 путем окисления Fe^{+2} до Fe^{+3} с образованием сначала $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, который в дальнейшем под воздействием более высокой температуры превращается в $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ [6].



60

Рис. 5. Потеря веса и его первая производная по температуре при прогреве образца нанокompозита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$:

1 - кривая потери веса образца при изменении температуры, %;

2 - дифференциальная кривая потери веса образца при изменении температуры, %/°С

Результаты экстракции показали, что длительный контакт образца коагулята, прогретого до температуры 1000 °С, с водой при температуре 100 °С и соотношении Т:Ж=1:400 в течение 7 сут. сопровождается десорбцией поглощенных катионов в количестве не более 5 % от их общего содержания. Из этого можно сделать вывод, что образование стеклофазы в значительной мере препятствует миграции поглощенных катионов из твердой фазы композита в водную среду при их контакте.

Выводы

Предложенная методика с получением нанокompозита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ в многокомпонентных техногенных растворах позволяет не только удалять из растворов одновременно поллютанты различной природы, но и многократно повторять процесс дезактивации.

Дополнительным преимуществом указанной методики можно считать тот факт, что полученный нанокompозит $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$ при нагревании до 1000 °С образует стеклофазу, которая является надежной матрицей для долговременного удержания инкорпорированных радионуклидов в объеме такого композита.

После опытно-промышленного опробования на реальных объектах и доработки соответствующих технологических решений данная методика может быть использована в технологиях остеклования и компактирования радиоактивных и токсичных отходов для их дальнейшего надежного захоронения.

65

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jianfei Sun, Yu Zhang, Zhongping Chen, Jie Zhou et al. Fibrous aggregation of magnetite nanoparticles induced by a time-varied magnetic field // *Angewandte Chemie. Nanoparticle aggregates*. - 2007. - P. 4767-4770.
2. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1975. - 512 с.
3. Айлер Р. Химия кремнезема. Растворимость, полимеризация, коллоидные и поверхностные свойства, биохимия. Т. 2. - М.: Мир, 1982. - С. 520.
4. Забулонов Ю. Л., Литвиненко Ю. В., Кадошников В. М., Писанская И. Р. Физико-химическое моделирование условий образования дисперсий магнетитов как агента удаления катионов из техногенно загрязненных вод // *Зб. наук. праць «Моделювання та інформаційні технології» / Інститут проблем моделювання та інформаційні технології НАН України*. - К., 2011. - Вип. 59. - С. 116-125.
5. Забулонов Ю. Л., Литвиненко Ю. В., Кадошников В. М., Кузенко С. В. Нанокмпозиционные системы как сорбенты техногенно загрязненных вод // *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. Вип. 3. - Київ-Кременчук, 2011.
6. Уэрдландт У. Термические методы анализа: Пер. с англ. / Под ред. В. А. Степанова и В. А. Берштейна. - М.: Мир, 1978. - С. 526.

НАНОКОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ЯК СОРБЕНТИ ДЛЯ ДЕЗАКТИВАЦІЇ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ТЕХНОГЕННИХ РОЗЧИНІВ

Г. В. Лисиченко, В. М. Кадошніков, Ю. В. Литвиненко, Ю. Л. Забулонов

На модельних розчинах у лабораторних умовах апробовано нове технологічне рішення знешкодження багатокомпонентних металовмісних і низькоактивних радіоактивних стоків. Запропонований підхід органічно поєднує позитивні властивості як фізико-хімічних методів, так і нанотехнологій із використанням кремніймагнетитового нанокмползита $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$. Після поділу твердої і рідкої фаз, дослідження показали, що з дисперсійного середовища у тверду фазу за один цикл переходять близько 75 % Cs, 97 % Sr, 93 % Sr, 97 % Cu і 99 % $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$. Для оцінки ефективності запропонованого підходу необхідно провести дослідно-промислову перевірку дезактивації на реальних техногенних розчинах - рідких радіоактивних відходах АЕС.

Ключові слова: дезактивація, техногенні розчини, радіонукліди, нанокмползит, колоїдна система, гетеро коагуляція.

NANOCOMPOSITE MATERIALS AS SORBENT FOR DEACTIVATION OF MULT I COMPONENT TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

G. V. Lisichenko, V. M. Kadoshnikov, Ju. V. Litvinenko, Ju. L. Zabulonov

In the laboratory on standardized test solution new technological concept for multicomponent metal content and low activity radioactive waste neutralization was approved. The proposed approach combines the advantages of both physical and chemical methods and nanotechnology using silica- magnetite nanocomposite $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$. The researches are showed that after separation of solid and liquid phases from dispersion medium into solid phase pass about 75 % Cs, 97 % Sr, 93 % Sr, 97 % Cu and 99 % $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ for 1 cycle. It is necessary to carry out decontamination pilot production test on real technological solutions such as liquid radioactive waste of NPP.

Keywords: deactivation, technological solutions, radionuclides, nanocomposite, colloidal system, heterocoagulation.

66

УДК 621.039.75

ЕКСПЛУАТАЦІЯ СХОВИЩ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ ЧОРНОБІЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

В. М. Антропов, В. П. Мельниченко, О. Г. Третяк, А. І. Хабрика

Державне спеціалізоване підприємство "Централізоване підприємство з поводження з радіоактивними відходами
Чорнобиль

Наведено результати експлуатації пунктів захоронення й тимчасового зберігання радіоактивних відходів у Чорнобильській зоні відчуження.

Ключові слова: сховища радіоактивних відходів, експлуатація сховищ для захоронення радіоактивних відходів.

Вступ

Експлуатацію пунктів захоронення радіоактивних відходів (ПЗР8) та пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ), призначених для поводження з радіоактивними відходами (РАВ), проводить ДСП "Централізоване підприємство з поводження з радіоактивними відходами" (ДСП "ЦППРВ") згідно з ліцензіями, виданими Держатомрегулювання України [1, 2] на:

експлуатацію спеціально обладнаного приповерхневого сховища для низько- та середньоактивних короткоіснуючих твердих РАВ (СОПСТРВ) та об'єктів інфраструктури, що розташовані на майданчику сховища і технологічно з ним пов'язані, відповідно до переліку об'єктів та будівель, що входять до складу технологічного циклу захоронення РАВ у сховище СОПСТРВ;

експлуатацію технологічного комплексу у складі сховищ для захоронення РАВ - ПЗРВ "Буряківка", об'єктів ПЗРВ "Підлісний" та ПЗРВ "III черга ЧАЕС", а також пунктів ПТЛРВ.

Пункти захоронення РАВ

ПЗРВ "Буряківка" знаходиться в 12 км на південний захід від ЧАЕС на моренно-зандровому плато, поверхня якого не менш як на 20 м вище рівня першої надзаплавної тераси р. Прип'ять (рис. 1). ПЗРВ "Буряківка" на даний час є основним пунктом приймання, переробки та захоронення РАВ у зоні відчуження ЧАЕС і призначений для захоронення низько- і середньоактивних РАВ з потужностями експозиційної дози випромінювання до 1 Р/год (0,01 Зв/год). У той же час у період з початку експлуатації по 1996² р. у ПЗРВ було захоронено, також, РАВ з потужністю експозиційної дози до 5 Р/год за рішенням Урядової комісії № 257 від 23 жовтня 1986 р.

Захоронення РАВ у ПЗРВ "Буряківка" проводиться з 1987 р. по нинішній час. У траншеях захоронено радіоактивно забруднені ґрунт, будівельні відходи, бетон, метал, деревина, елементи залізобетонних і металевих конструкцій, які були зібрані при дезактивації різних об'єктів і території зони відчуження.

Основна маса РАВ була захоронена у ПЗРВ при виконанні першочергових заходів ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. У цих роботах брала участь велика кількість підприємств, установ та організацій України й інших республік СРСР. За останні роки основним постачальником РАВ у ПЗРВ залишається ЧАЕС, на якій проводяться роботи по зняттю з експлуатації АЕС, створенню нового безпечного конфайнмента об'єкта "Укриття" та інші роботи із залученням коштів міжнародної технічної допомоги, а також РАВ від дезактивації радіоактивно забруднених територій, будівель та споруд, обладнання тощо. На даний час значна кількість РАО захоронюється ДСП "ЦППРВ" при виконанні робіт із перезахоронення РАВ з траншей із буртів ПТЛРВ за технічними рішеннями.

© В. М. Антропов, В. П. Мельниченко, О. Г. Третьак, А. І. Хабрика, 2012

67

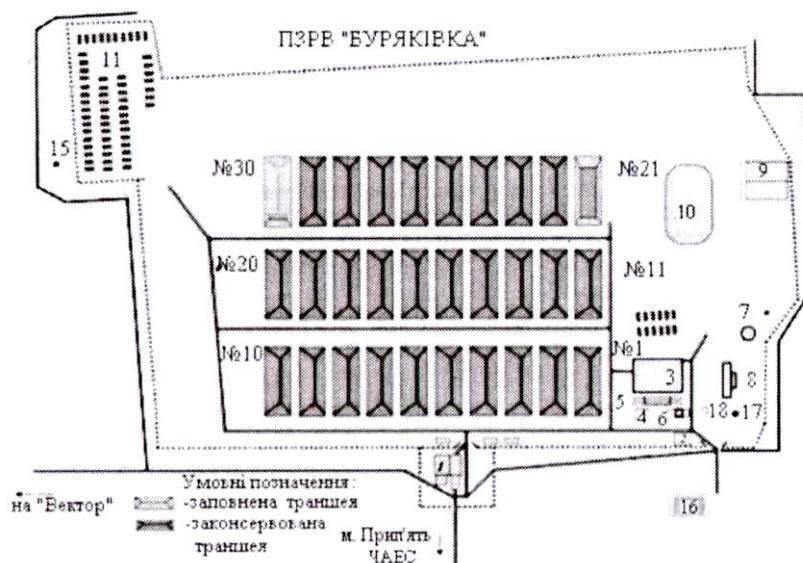


Рис. 1. План-схема ПЗРВ «Буряківка».

Згідно з проектом, ПЗРВ являє собою приповерхнєве сховище траншейного типу, що складається з 30 траншей із розмірами (у плані) 140-150 м у довжину, 60-65 м у ширину (рис. 2).

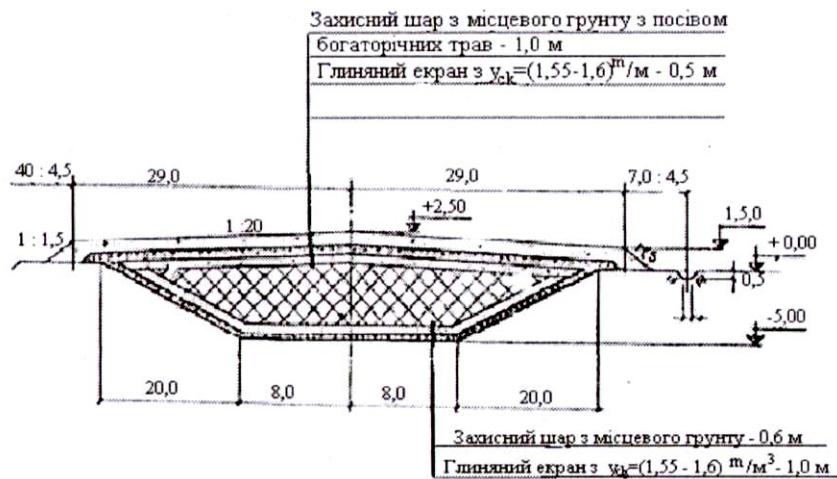


Рис. 2. Поперековий розріз траншеї ПЗРВ «Буряківка»

Глибина траншеї становить 4 м. РАВ у заповнених траншеях ізольовані від зовнішнього середовища шаром ущільненої глини товщиною 1,0 м по дну і 0,5 м поверх вирівнюючого шару із сипких РАВ.

У зв'язку з тим, що проектні потужності ПЗРВ майже вичерпані, розпочато роботи з підготовки ПЗРВ до реконструкції шляхом створення шести нових міжтраншейних сховищ РАВ загальною ємністю 120 тис. м³.

68

З 2005 р. згідно з критеріями приймання РАВ на захоронення в ПЗРВ "Буряківка", погодженими з Держатомрегулювання України [3], захоронюються РАВ з питомою активністю для альфа-випромінюючих радіонуклідів від 0,1 до 6,0 кБк/кг, для бета- й гамма-випромінюючих - від 10,0 до 5 000 кБк/кг, залежно від рівнів альфа-випромінювання. Інформація про захоронені у сховищах РАВ вводиться до системи обліку РАВ зони відчуження, яка складається з регіонального реєстру РАВ та регіонального кадастру сховищ РАВ, розташованих на території зони відчуження. Облік РАВ здійснюється регіональним центром обліку РАВ зони відчуження, який функціонує в ДСП "ЦППРВ" згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 480 від 29 квітня 1996 р.

До реєстру РАВ ПЗРВ "Буряківка" дані вводяться по кожній партії РАВ, що надходять на захоронення, на підставі даних із паспортів на партії РАВ та результатів вимірювань, проведених при прийманні РАВ на захоронення.

За даними реєстру РАВ зони відчуження кількість (об'єм і маса) РАВ, прийнятих на захоронення за час експлуатації ПЗРВ "Буряківка", на початок 2012 р. становили 913,15 тис. м³ і 1314,37 тис. т відповідно. Основний радіонуклідний склад захоронених РАВ включає нукліди ¹³⁷Cs (76 %), ⁹⁰Sr (21 %), ²³⁸⁻²⁴¹Pu (1,3 %), ²⁴¹Am (0,5 %), інші (1,2 %), загальна активність захоронених РАВ становить 2,53·10¹⁵ Бк. При цьому частина РАВ у вигляді металоконструкцій і радіоактивно забрудненої техніки розміщена на спеціально обладнаних майданчиках. З огляду на те, що після завантаження РАВ у траншеї проводиться їхнє ущільнення важкою технікою, об'єм прийнятих РАВ у траншеях зменшується й остаточно оцінюється за результатами обмірювання заповнених траншей.

Після заповнення траншеї РАВ згідно з розробленим проектом виконуються роботи з її закриття (консервації).

Комплекс виробництв "Вектор" (СОПСТРВ, ТРВ-1, ТРВ-2). Техніко-економічне обґрунтування будівництва цього комплексу було затверджене 15 вересня 1990 р. на засіданні НТР Міністерства атомної енергетики (СРСР). Будівництво комплексу "Вектор" розпочато в січні 1998 р. згідно з проектною документацією, яка пройшла державну експертизу та була затверджена наказом міністра МНС України № 90 від 16 червня 1997 р.

Передбачено поетапне виконання будівельних робіт з уведенням в експлуатацію першочергових об'єктів для забезпечення технологічного циклу виробництва та необхідної

інфраструктури. Перша черга комплексу "Вектор" включає будівництво сховищ для захоронення твердих неорганічних і негорючих короткоіснуючих низько- і середньоактивних РАВ.



Рис. 3. Розміщення сховищ ТРВ-2, ТРВ-1, СОПСТРВ на території комплексу «Вектор».

Два сховища для захоронення твердих РАВ - ТРВ-1 і ТРВ-2 - мають загальну місткість 19 тис. м³ РАВ. Сховища ТРВ-1 і ТРВ-2 є сховищами приповерхневого типу з багатобар'єрною системою локалізації РАВ (рис. 3).

У 2009 р. Держатомрегулюванням України видано ліцензію на право проведення діяльності з експлуатації двох відсіків спеціально обладнаного приповерхневого сховища ТРВ (СОПСТРВ) [2, 4] (рис. 4).

69

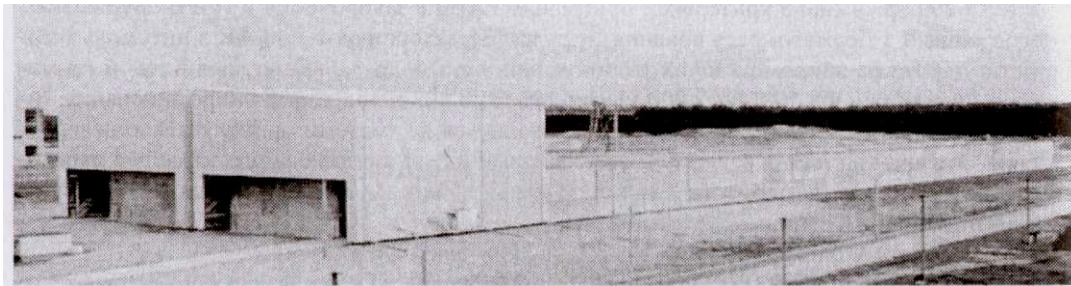


Рис. 4. Спеціально обладнане приповерхнєве сховище ТРВ.

СОПСТРВ збудоване за кошти міжнародної технічної допомоги для захоронення РАВ ЧАЕС. Сховище призначене для кондиціонованих короткоіснуючих низько- та середньоактивних РАВ.

Збудовані сховища обладнані системою інженерних та природних бар'єрів на шляхах міграції радіонуклідів у навколишнє середовище.

Сховище ТРВ-1 (рис. 5) представляє собою залізобетонний майданчик, на якому буде розміщено штабель з контейнерів, укладених у чотири яруси. У сховище ТРВ-1 РАВ захоронюються в контейнерах КТЗ-3,0 об'ємом 3 м³. Об'єм сховища ТРВ-1 складає 14004 м³ РАВ у контейнерах КТЗ-3,0 (4668 шт.).

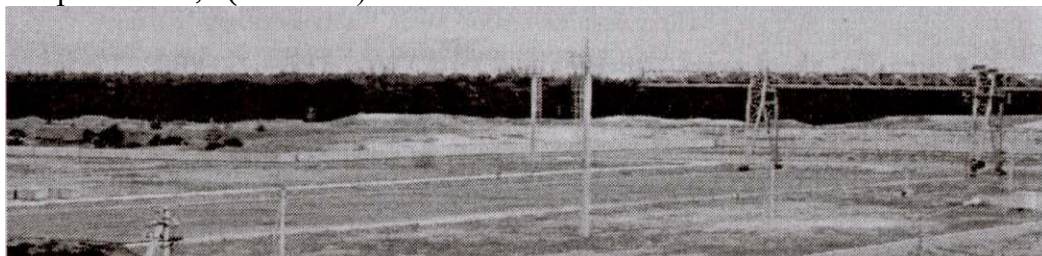


Рис. 5. Сховище ТРВ-1.

Сховище ТРВ-2 (рис. 6) призначене для захоронення низько- та середньоактивних РАВ навалом, у тому числі великогабаритних ТРВ (залізобетонних та металевих конструкцій тощо). Сховище ТРВ-2 - це залізобетонні модулі, розміщені на залізобетонному майданчику, розмірами 124x28 м. Конструктивно сховище представлене вісьмома прямокутними

модулями з товщиною поздовжніх стін 0,5 м, днища 0,5 м, поперечних стін 0,3 м. Об'єм сховища ТРВ-2 10732 м³ РАВ, захоронених навалом.

Реалізація загальнодержавної цільової екологічної програми [5], що стосується будівництва сховищ КВ "Вектор", забезпечить вирішення проблемних питань захоронення/зберігання РАВ в Україні протягом 50-100 років.

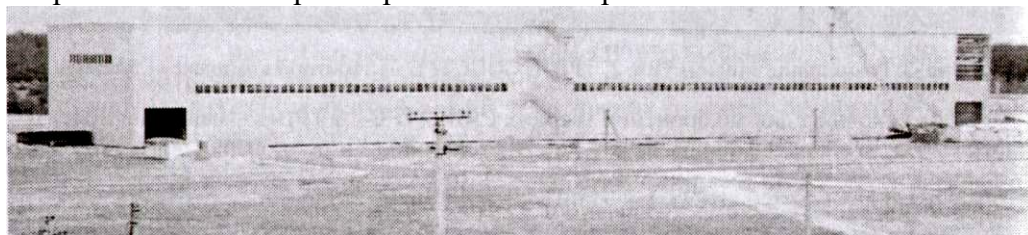


Рис. 6. Сховище ТРВ-2.

70

Основні характеристики сховищ для захоронення РАВ

Тип сховища	Конструкція сховища	Спосіб захоронення/ потужність крана	Тип контейнера	Об'єм сховища/ кількість контейнерів	Об'єм РАВ у сховищі/ всього	Площа сховища/ всього
ТРВ-1	Гідроізолюваний майданчик	контейнери/ 4 яруси/ кран 32 т	КЗНП-2,1	4668	9800	200x29,3
			КТЗ-3,0	4668	14000	5860
			КТЗ-3,6	4668	16800	93760
ТРВ-2	Монолітний залізобетонний модуль	Первинна упаковка або навал/кран 25 т	Металеві контейнери, бочки		8600	114,4x21,8
						2494/
						99760
СОПСТРВ	Монолітний залізобетонний модуль	Контейнери 4	КТ-0,2	273,1x44,1x7,5	50210	273,1x44,1
			КТЗ-3,0	Контейнерів 5632		12044
		Бочки 7 ярусів/ кран 20/5 т		Бочок 70070		

ПЗРВ "Підлісний". Модулі ПЗРВ "Підлісний" призначено для захоронення високоактивних РАВ. Конструкція модуля А-1 розрахована на захоронення РАВ з потужністю експозиційної дози випромінювання від 5,0 до 50,0 Р/год. У зв'язку з необхідністю приймання РАВ з більшою потужністю експозиційної дози до 250 Р/год і більше при будівництві модуля Б-1 товщина стін була збільшена в два рази, порівняно з модулем А-1. Основна маса РАВ у модуль Б-1 захоронювалась у контейнерах, у модуль А-1 - навалом. Усього в модуль А-1 ПЗРВ "Підлісний" було завантажено 2650,0 м³ РАВ, а в модуль Б-1 - 1310,0 м³ [6]. З урахуванням того, що і бетон, яким було залито РАВ після завантаження їх у модулі, і піщано-гравійна суміш, якою було засипано зверху забетоновані (омонолічені) РАВ, стали теж РАВ з наведеною активністю, загальний обсяг РАВ у ПЗРВ "Підлісний" оцінюється в 11,0 тис. м³.

Дані про сумарну активність РАВ, захоронених у ПЗРВ, потребують додаткових досліджень та аналізу, оскільки існуюча інформація з різних джерел суттєво відрізняється [6, 7].

Джерело інформації	Загальна активність РАВ, Кі/Бк
"ПЗРО "Подлесный". Консервация". Рабочий проект	$7 \cdot 10^7 / 2,59 \cdot 10^{18}$
"Результаты инвентаризации мест хранения и захоронения радио-активных отходов по состоянию на 01.01.90"	$7 \cdot 10^4 / 2,59 \cdot 10^{15}$



66

Рис. 7. Виконання робіт згідно з проектом закриття сховищ ПЗРВ "Підлісний".
71

На виконання заходів загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з РАВ та передбачено закриття сховищ ПЗРВ "Підлісний". Згідно з розробленим проектом над модулями встановлено технологічну покрівлю для захисту РАВ від впливу природних атмосферних явищ (див. рис. 7).

ПЗРВ "III черга ЧАЕС" (рис. 8). Сховище розташоване на відстані 1,5 км на південний схід від ЧАЕС на першій надзаплавній терасі р. Прип'ять за 100 м від берега ставка-охолоджувача.

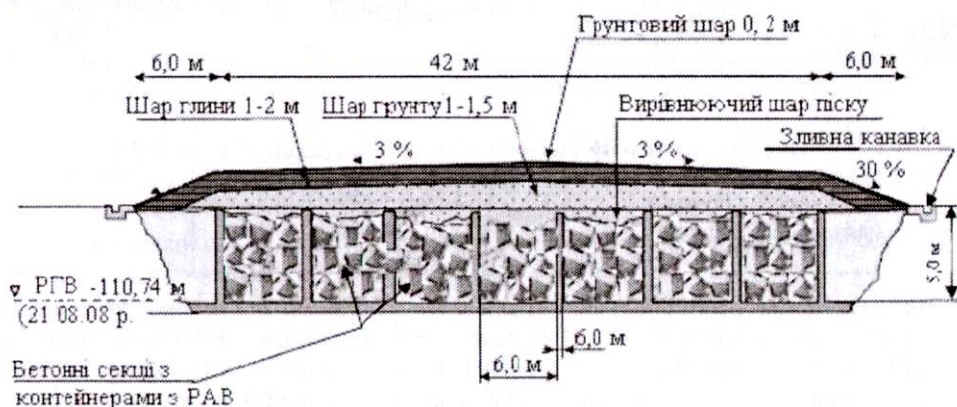


Рис. 8. Конструкція сховища ПЗРВ «3-тя черга ЧАЕС».

Для спорудження ПЗРВ використано елементи конструкції недобудованого сховища РАВ III черги будівництва ЧАЕС (5-й та 6-й блоки). ПЗРВ "III черга ЧАЕС" є приповерхневим сховищем секційного типу, довжиною до 150 м, шириною 50 м і глибиною 6 м, з монолітною бетонною основою, що лежить на глиняній подушці товщиною 1,0-1,5 м, з двох сторін обмежений стінами зі збірного залізобетону й розділений такими ж поздовжніми стінами на сім секцій. Зверху ПЗРВ ізолюваний шаром глини перемінної потужності. Торцевих стін ПЗРВ не має, глиняні затвори тут також відсутні. ПЗРВ "III черга ЧАЕС" був призначений для розміщення низько- та середньоактивних РАВ із потужностями експозиційної дози до 1 Р/год і потужностями еквівалентної дози до 0,01 Зв/год.

За даними обстежень НТЦ "КІРВ", проведених у 1993 р. [9], у ПЗРВ захоронено довгоіснуючі низько- та середньоактивні РАВ. Станом на початок 2012 р. сумарна активність РАВ, розрахована по основних радіонуклідах з урахуванням природного розпаду, становила близько 332,0 ТБк, кількість РАВ у сховищі - 26,2 тис. м³.

Розроблено проект закриття сховища з будівництвом верхнього екрану [10].

Пункти тимчасової локалізації РАВ

Пункти тимчасової локалізації РАВ (ПТЛРВ) були створені в 1987-1988 рр. ПТЛРВ має 9 територій з умовними найменуваннями: "Нафтобаза", "Стара будбаза", "Нова будбаза", "Станція Янів", "Рудий ліс", "Піщане плато", "Копачі", "Чистогалівка", "Прип'ять". Схему розміщення ПТЛРВ показано на рис. 9.

На територіях ПТЛРВ розміщено траншеї та бурти з РАВ, створені в умовах виконання першочергових заходів з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи військами цивільної оборони і не мають інженерних бар'єрів на шляхах міграції радіонуклідів у навколишнє середовище. При виконанні цих робіт було створено за різними оцінками від 800 до 1000 траншей та буртів, що вміщували понад 1,3 млн. м³ РАВ [11].

У зв'язку з тим, що схеми точного розміщення траншей і буртів не збереглися, у наш час проводиться їхній пошук, визначення координат, оконтурювання,

72

а також обстеження вмісту з метою визначення кількісних та якісних характеристик РАВ, що в них зберігаються. Ці роботи проводяться в рамках виконання завдань і заходів загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з РАВ у відповідності із планом заходів щодо підвищення безпеки ПЗРВ та ПТЛРВ [8].

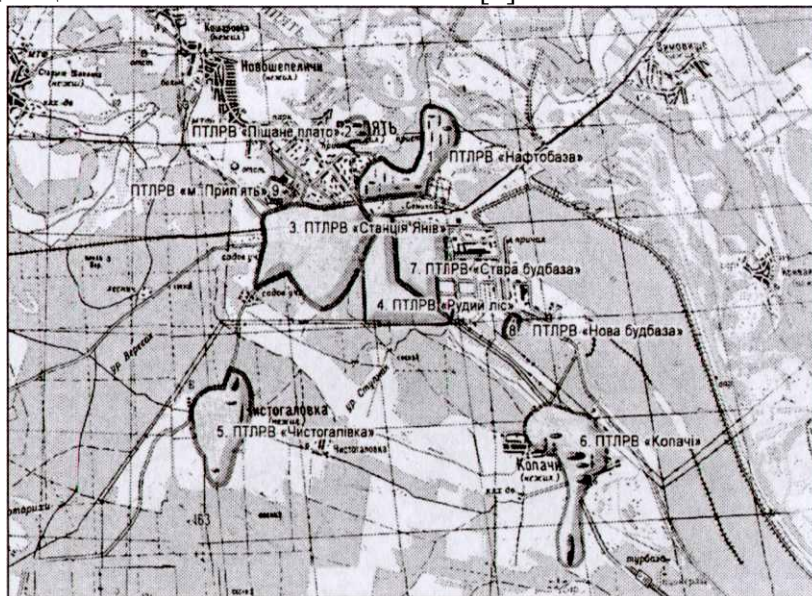


Рис. 9. Розміщення ПЗРВ та ПТЛРВ на території зони відчуження.

Найбільш пріоритетними задачами стали приведення в екологічно безпечний стан сховищ ПТЛРВ «Нафтобаза», як найбільш небезпечних у зв'язку з підтопленням траншей, розташованих уздовж Прип'ятьського затону, та території ПТЛРВ «Нова будбаза», де виконуються будівельні роботи, що стосуються зняття з експлуатації ЧАЕС та перетворення об'єкта "Укриття" в екологічно безпечну систему.

При виконанні загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з РАВ при пошуку і обстеженні тимчасових сховищ РАВ було визначено, що серед виявлених сховищ більше 200 траншей і буртів не містять РАВ. Відсутність РАВ у цих траншеях і буртах може бути пояснена як зниженням питомої активності радіонуклідів за рахунок природного розпаду до рівнів, нижчих за критерії визначення РАВ ("рівень вилучення" згідно з ОСПУ-2005), так і змінами критеріїв визначення РАВ порівняно з тими, які діяли раніше (наприклад, згідно зі СПОРО-85 до РАВ належать матеріали з поверхневим забрудненням до 50 β-част./см²·хв).

Станом на 1 січня 2012 р. на територіях ПТЛРВ "Нафтобаза", "Піщане плато", "Нова будбаза", "Стара будбаза", частково "Станція Янів", "Рудий ліс", "Чистогалівка" визначено координати й обстежено близько 680 сховищ, з яких 467 належать до сховищ з РАВ.

Враховуючи відсутність РАВ у деяких сховищах ПТЛРВ, загальна кількість РАВ у сховищах ПТЛРВ знизилась до 886,4 тис. м³ порівняно з даними інвентаризаційної відомості 1990 р. [7].

На виконання особливих умов ліцензії та у відповідності із завданнями та заходами загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з РАВ, для підвищення рівня радіаційної безпеки довкілля підприємством розробляються технічні рішення щодо перезахоронення РАВ з ПТЛРВ у ПЗРВ "Буряківка". Згідно з технічними рішеннями було ліквідовано бурт № 4, виконуються роботи з ліквідації бурта № 1 ПТЛРВ "Нова будбаза",

73

траншей Т-1 - Т-4 ПТЛРВ "Нафтобаза" та інших найбільш небезпечних траншей і буртів. Раніше у 2002 р. було ліквідовано траншею Т-5 ПТЛРВ "Нафтобаза".

Продовжуються роботи з подальшого обстеження траншей інших ПТЛРВ та підготовка їх до перезахоронення.

На рис. 10 і 11 наведено карти розподілу рівнів потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання на територіях ПТЛРВ "Нова будбаза" та ПТЛРВ "Стара будбаза" за результатами обстежень, проведених у 2009-2011 рр. [12].

68

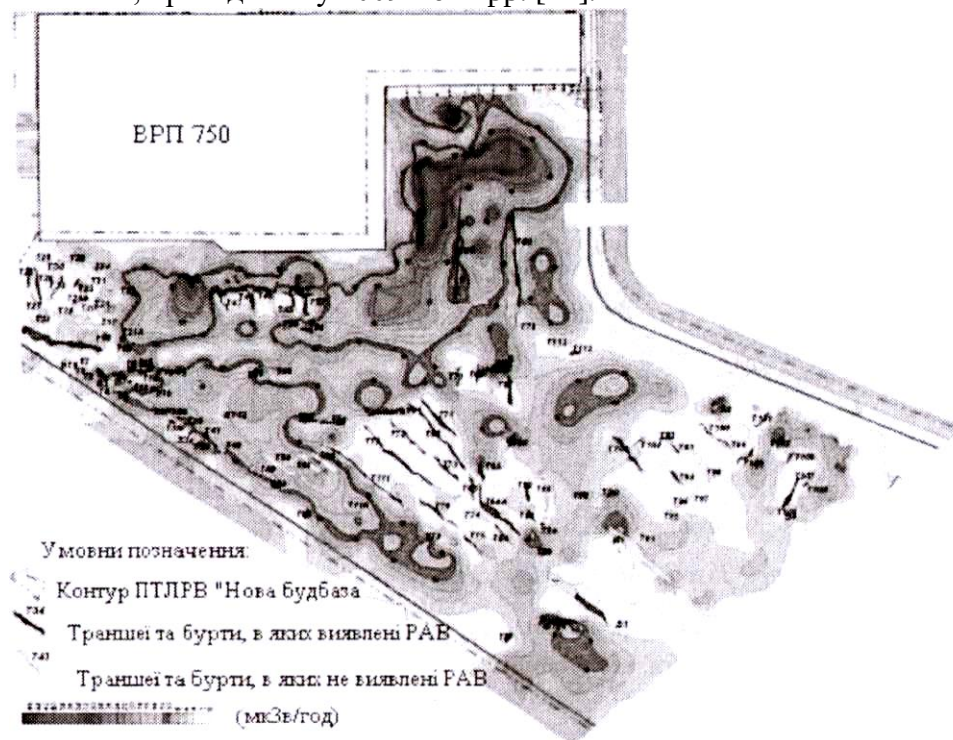


Рис. 10. Карта потужності еквівалентної дози випромінювання на території ПТЛРВ "Нова будбаза".

За результатами проведених обстежень тимчасових сховищ РАВ на ПТЛРВ "Стара будбаза" та "Нова будбаза" виконано обробку й аналіз інформації про РАВ, що містяться у сховищах (траншеях/буртах), складено інвентаризаційні картки на обстежені сховища.

Отриману інформацію введено до баз даних реєстру РАВ та кадастру сховищ РАВ зони відчуження регіонального центру обліку РАВ зони відчуження та передано до головного інформаційно-аналітичного центру обліку РАВ для введення до державного реєстру РАВ та державного кадастру сховищ та місць тимчасового зберігання РАВ.

Роботи з обстеження сховищ з РАВ на територіях ПТЛРВ зони відчуження продовжуються. Виявлені сховища з РАВ, які є найбільш екологічно небезпечними, після проведення детальних досліджень плануються до перезахоронення в ПЗРВ за технічними рішеннями, погодженими з Держатомрегулювання України. Найбільш екологічно небезпечними на даний час є сховища ПТЛРВ "Нафтобаза", що розташовані вздовж берега Прип'ятського затону, через високу вірогідність виходу радіоактивного забруднення в довкілля через води р. Прип'ять. Крім того, існує необхідність ліквідації траншей і буртів з

РАВ на ПТЛРВ "Нова будбаза" та "Стара будбаза" для забезпечення безпеки при виконанні будівельних робіт на їхніх територіях, пов'язаних із виведенням з експлуатації ЧАЕС та створенням нового безпечного конфайнмента об'єкта "Укриття".

74

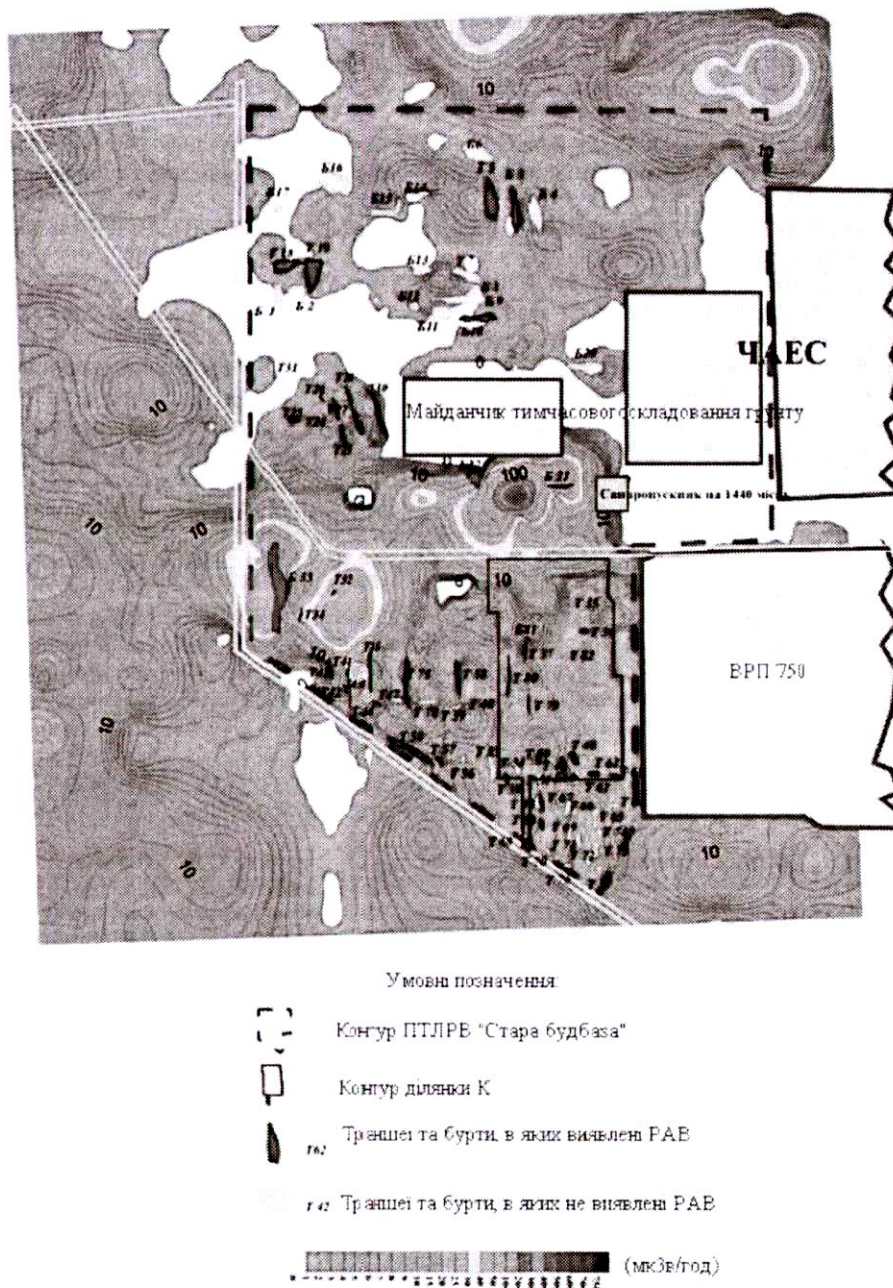


Рис. 11. Карта потужності еквівалентної дози випромінювання на території ПТЛРЗ "Стара будбаза".

Найбільш високі рівні радіоактивного забруднення територій ПТЛРВ "Рудий ліс" та "Станція Янів" призводять до ускладнень при їхньому обстеженні. На деяких ділянках цих ПТЛРВ рівні потужності дози випромінювання перевищують 1 Р/год. Інформації про характеристики РАВ, що зберігаються у траншеях і буртах, недостатньо. У наступні роки планується виконання робіт з обстеження і цих територій.

75

69

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ліцензія серії ЕО № 000968 Державної інспекції ядерного регулювання України, виданої ДСП «ЦППРВ» на право провадження діяльності з експлуатації сховища для захоронення радіоактивних відходів.
2. Ліцензія серії ЕО № 000953 Державної інспекції ядерного регулювання України, виданої ДСП «ЦППРВ» на право провадження діяльності з експлуатації сховищ для захоронення радіоактивних відходів.

3. *Критерии* принятия радиоактивных отходов на захоронения у ПЗРВ "Буряківка", КР-II 113.004-2011.
4. *Проект СОПХТРО*, А-976Р, НТЦ КОРО, 2002.
5. *Закон* Украины "Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами" № 516 від 17 вересня 2008 р.
6. *"ПЗРО "Подлесный". Консервация*. Рабочий проект, том 3 "Оценка безопасности консервации ПЗРО". КГНИПКИ "Энергонроост", 1996.
7. *Результаты инвентаризации мест хранения и захоронения радиоактивных отходов по состоянию на 01.01.90*. НПО "Припять", 1990.
8. *План заходів щодо підвищення безпеки ПЗРВ та ПТЛРВ*. ДАЗВ. - Чорнобиль, 2011.
9. *Аналитический отчет по теме 247-Н/97*. Этап 6. Обобщение результатов обследования ПЗРО "Комплексный". НТЦ КОРО. - Чернобыль - Желтые Воды, 1997.
10. *Проект закрытия хранилищ ПЗРО "III очередь ЧАЭС"*, том 1 "Основные проектные решения", 2-09-1207-ПЗ. - Желтые Воды, 2009.
11. *Антропов В. М., Кумшаев С.Б., Скворцов В.В., Хабрика А.И.* Уточнения даних про радіоактивні відходи, розміщені у сховищах зони відчуження ЧАЕС // Бюлетень екологічного стану зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення. - № 2 (24), жовтень 2004.
12. *Звіт про результати обстеження пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів "Стара будбаза", "Нова будбаза"*. - Чорнобиль, 2011.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

В. М. Антропов, В. П. Мельниченко, А. Г. Третьак, А. И. Хабрика

Представлены результаты эксплуатации пунктов захоронения временного хранения радиоактивных отходов в Чернобыльской зоне отчуждения.

Ключевые слова: хранилища радиоактивных отходов, эксплуатация хранилищ для захоронения радиоактивных отходов.

OPERATION OF RADIOACTIVE WASTE STORAGE FACILITIES IN CHORNOBYL EXCLUSION ZONE

V. M. Antropov, V. P. Melnychenko, O. G. Tretiak, A. I. Habryka

The results on operation of radioactive waste disposal points and temporary storage facilities within Chornobyl Exclusion Zone are given.

Keywords', radioactive waste storage facilities, operation of radioactive waste disposal points.

76

УДК 621.039.73

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В УКРАИНЕ

Т. В. Амосова, Б. И. Билык, А. М. Дорошенко, Ю. В. Ткаченко

Государственный концерн «Ядерное топливо», Киев

Определены задачи по организации обращения с РАО при создании собственного производства ядерного топлива в Украине.

Ключевые слова: ядерное топливо, радиоактивные отходы.

Завод по производству ядерного топлива предназначен для осуществления полного цикла производства ядерного топлива для реакторов ВВЭР-1000: от деконверсии гексафторида урана в порошок диоксида урана (ДОУ) до изготовления тепловыделяющих сборок (ТВС) типа ТВСА и их модификаций. В качестве сырья для изготовления порошка ДОУ, предполагаются поставки обогащенного до 4,4 % по урану-235 гексафторида урана.

Задачи по созданию в Украине собственного производства ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР-1000 определены в следующих документах, утвержденных Кабинетом Министров Украины:

Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года;

Государственная целевая экономическая программа «Ядерное топливо Украины»;

Распоряжение Кабинета Министров Украины № 1922 от 22 сентября 2010 г. "О первоочередных мерах по созданию предприятия по производству ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР-1000", в соответствии с которым предусмотрено создание совместного

украинско-российского предприятия по производству ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР-1000 с применением технологии, предложенной ОАО "ТВЭЛ" (Российская Федерация);

Распоряжение № 437-р от 27 июня 2012 «О размещении, проектировании и строительстве завода по производству ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР-1000», в соответствии с которым Кабинет Министров Украины:

1) согласился с предложением Министерства энергетики и угольной промышленности Украины, Маловисковской районной государственной администрации Кировоградского областного совета по размещению ядерной установки «Завод по производству ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР-1000» на территории Смолинского поселкового совета Маловисковского района Кировоградской области и осуществления ее проектирования и строительства;

2) одобрил основные показатели технико-экономического обоснования (ТЭО) «Строительство завода по производству ядерного топлива».

В соответствии с ТЭО, производственная мощность завода составит 800 ТВС в год, что составляет около 400 т по урану.

Основным документом, регламентирующим деятельность по производству ядерного топлива, является НП 306.2163-2010 «Общие положения безопасности объекта по производству ядерного топлива», утвержденный приказом Государственного комитета ядерного регулирования Украины № 112 от 6 сентября 2012 г.

Площадка для размещения завода располагается в 2,5 км юго-западнее п.г.т. Смолино Маловисковского района Кировоградской области Украины. Расстояние от п.г.т. Смолино до областного центра г. Кировоград составляет 72 км, до районного центра Малая Виска - 25 км. Земельный участок примыкает к территории Смолинской шахты ГП «ВостГОК».

© Т. В. Амосова, Б. И. Билык, А. М. Дорошенко, Ю. В. Ткаченко, 2012

77

Производственный комплекс завода включает следующие основные производственные участки: производство порошка ДООУ; изготовление топливных таблеток; изготовление твэлов; изготовление ТВС; изготовление комплектующих изделий из циркониевого сплава и из нержавеющей стали; участок переработки жидких и твердых радиоактивных отходов (РАО).

В соответствии с предложенной технологией при производстве ядерного топлива возможно образование жидких и твердых РАО, содержащих изотопы урана (^{234}U , ^{235}U , ^{238}U).

Указанные РАО по классификации категории РАО по критериям удельной активности (раздел 15 «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности Украины», утвержденных приказом МОЗ Украины № 57 от 2 февраля 2005 г.) относятся к низко- и сред неактивным РАО 2-й группы (альфа-радионуклиды). По классификации РАО по критериям величины периода полураспада радионуклиды, входящие в эти отходы, относятся к долгоживущим (период полураспада более 100 лет). Указанные РАО подлежат захоронению в стабильных геологических формациях.

С целью минимизации возможного воздействия на окружающую среду и население от деятельности завода, эксплуатирующей организацией разрабатывается и реализуется программа безопасного обращения с РАО. В программе в обязательном порядке предусматриваются сбор, сортировка, обработка, кондиционирование, транспортировка и временное хранение контейнеризованных отходов на площадке завода, а также мероприятия, направленные на минимизацию образования РАО при практической деятельности. В соответствии с проектом строительства завода переработка образующихся производственных РАО осуществляется на специальном участке, который входит в состав основного производства.

РАО завода разделяются на группы: негорючие жидкие РАО (ЖРО); горючие ЖРО; негорючие твердые РАО (ТРО); горючие ТРО.

Негорючие ТРО и ЖРО подвергаются переработке на отдельных установках. Горючие ЖРО перерабатываются совместно с горючими ТРО на установке сжигания.

К негорючим ЖРО относятся: щелочные растворы газоочистки, стоки от санобработки помещений и персонала, дезактивации оборудования, а также регенераты и воды от отмывки ионообменных фильтров.

Образующиеся ЖРО относятся к низкоактивным и высокоминерализованным. В основу технологической схемы переработки негорючих ЖРО с получением очищенной воды, пригодной для повторного использования или ее сброса в хозяйственную канализацию закладываются следующие процессы:

- осаждение кальциевой соли урана, фильтрация;
- осаждение карбоната кальция (умягчение), фильтрация;
- сушка осадков, временное хранение;

- упаривание ЖРО с очисткой вторичного пара от аэрозолей на сепараторе и на специальных устройствах для достижения требуемого коэффициента очистки вторичного пара;
- доочистка конденсата вторичного пара методом ионного обмена (при необходимости);
- цементирование кубового остатка, временное хранение компаунда.

В результате переработки ЖРО:

72

- очищенная вода сбрасывается в бытовую канализацию или повторно используется для приготовления реагентов;

- сухие соли и осадки, отработанные ионообменные смолы затариваются и направляются на кондиционирование на участок переработки ТРО;

- отработанные патронные фильтры, ветошь, отработанный уголь затариваются и передаются на сжигание на участок переработки ТРО.

К негорючим ТРО относятся:

- осадки и концентраты солей и щелочей после переработки негорючих ЖРО;
- отработанные ионообменные смолы;
- металлолом.

78

Отходы, за исключением металлолома, подвергают обработке методом отверждения (цементирование), который состоит из следующих основных операций:

- загрузка отходов в контейнер-дозатор;
- дозировка и смешивание компонентов смеси;
- цементирование отходов;
- разлив смеси в контейнеры; выдержка;
- характеризация отходов;
- герметизация контейнера;
- дезактивация в случае необходимости и радиационный контроль.

Для передачи на спецкомбинат загрязненный металлолом при необходимости фрагментируется.

Горючие отходы (ТРО и ЖРО) представлены отработанными спецодеждой и средствами индивидуальной защиты, обтирочными материалами, фильтровальным материалом, отработанными и загрязненными техническими маслами от вакуумных насосов и шлифовальных станков, прессов.

Загрузка твердых сжигаемых отходов в печь осуществляется в бумажных или бязевых мешках. Сжигание отходов происходит при температуре 500-650 °С от 1 до 5 ч в зависимости от вида отходов. Горючие ЖРО (технические масла) перерабатываются совместно с горючими ТРО на установке сжигания. Зола от сжигания горючих отходов направляются на дальнейшее кондиционирование на участок переработки ТРО.

В соответствии с разъяснениями государственного агентства по управлению зоной отчуждения ТРО завода будут приниматься на временное хранение на Днепропетровский государственный межобластной спецкомбинат государственной корпорации «Украинское государственное объединение «Радон» в сертифицированных контейнерах КТНС-1 и КТНС-2, предназначенных для транспортировки и хранения твердых негорючих низко- и среднеактивных РАО 3-й группы в соответствии с п. 15.1. 6 ОСПУ-2005, которые относятся к

материалам с низкой удельной активностью (LSA). Кроме вышеуказанных, предполагается также использовать сертифицированный транспортно-упаковочный комплект КЗ ТРВ-1-2-04, в котором, согласно сертификату на утверждение конструкции UA/054/IP- 2-96 (Rev. 1), разрешается перевозка и хранение твердых негорючих РАО, которые относятся к материалам с низкой удельной активностью (LSA) и поверхностно-загрязненных объектов (SCO).

Транспортно-упаковочные комплекты, используемые для транспортировки и хранения РАО завода, должны соответствовать установленным критериям приемлемости РАО.

ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ ВИРОБНИЦТВА ЯДЕРНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

Т. В. Амосова, Б. І. Білик, О. М. Дорошенко, Ю. В. Ткаченко

Визначені завдання по створенню в Україні власного виробництва ядерного палива для реакторів типу ВВЕР-1000.

Ключові слова: ядерне паливо, радіоактивні відходи.

MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTE GENERATED BY NUCLEAR FUEL PRODUCTION IN UKRAINE

T. V. Amosova, B. I. Bilyk, O. M. Doroshenko, Yu. V. Tkachenko

The tasks to establish domestic production of nuclear fuel for VVER-1000 reactors in Ukraine are identified.

Keywords: nuclear fuel, radioactive waste.

79

УДК 621.039.58

ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, ЛОКАЛИЗОВАННЫХ В ЗОНЕ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

В. Н. Глыгало¹, А. П. Гудков², В. И. Мартыненко³

¹Государственное научно-исследовательское учреждение «Чернобыльский центр по проблемам ядерной безопасности, радиоактивных отходов и радиоэкологии», Славутич

²Государственное специализированное предприятие «Централизованное предприятие по обращению с радиоактивными отходами», Чернобыль

³Государственное специализированное предприятие «Чернобыльская атомная электростанция», Славутич

Представлены предложения по совершенствованию системы физической защиты радиоактивных отходов 30-километровой зоны отчуждения, размещенных в пунктах временной локализации радиоактивных отходов (ПВЛРО).

Ключевые слова: физическая защита радиоактивных отходов, зона отчуждения ЧАЭС, пункты временной локализации, пункты захоронения радиоактивных отходов, централизованное предприятие по обращению с радиоактивными отходами.

Введение

В последние годы, в связи с возрастающей угрозой применения при диверсиях ядерных и радиационно-опасных материалов, резко усилилась актуальность вопросов их физической защиты. Отмечая необходимость скоординированных усилий в этой сфере, эксперты МАГАТЭ подготовили доклад о физической ядерной безопасности [1], основанный на Базе данных по незаконному обороту радиоактивности (1TDB). С момента создания указанной Базы данных (1995 г.) государства представили информацию о 2242 инцидентах. Только за последний год, в период с 1 июля 2011 г. по 30 июня 2012 г., в Базу данных поступила информация о 163 инцидентах, в том числе о 19-ти, связанных с незаконным владением и попытками продажи ядерного материала или радиоактивных источников, причем 11 из них были связаны с ядерным материалом. С целью содействия координации помощи странам - членам МАГАТЭ - в обеспечении сохранности радиоактивных источников в текущем году создана международная рабочая группа по радиоактивным источникам, первое совещание которой намечено на декабрь 2012 г.

Неоднократные попытки хищения радиоактивных источников с площадок спецкомбинатов «Радон» зафиксированы в России, где отмечаются также случаи обнаружения у частных лиц «бесхозных» источников ионизирующего излучения, утраченных организациями [2]. В порядке противодействия дальнейшему росту указанных негативных

явлений специалисты РНЦ «Курчатовский институт» предложили следующие подходы к совершенствованию систем физической защиты:

первоочередная защита объектов хранения наиболее опасных радиоактивных материалов;

применение открытых интегрированных систем физической защиты, допускающих возможность как автономного функционирования составляющих подсистем (наблюдения, связи, сигнализации и т.д.), так и их взаимодействия, а также возможность дальнейшего наращивания функциональных возможностей системы без нарушения ее функционирования;

соблюдение принципа «от центра - к периферии» в процессе реализации мероприятий по совершенствованию систем физической защиты (СФЗ);

поэтапное совершенствование СФЗ с применением многобарьерных систем охраны и обороны объектов;

© В. Н. Глыгало, А. П. Гудков, В. И. Мартыненко, 2012

80

сочетание инструментальных и силовых (физических) средств предотвращения⁴ несанкционированного проникновения нарушителей на территорию объекта и попыток изъятия радиоактивных материалов;

применение самых современных и надежных технических средств обеспечения защиты и безопасности объектов, ее квалифицированное использование и техническое обслуживание;

дублирование и перекрытие зон контроля различных технических средств; сочетание технических средств, основанных на разных принципах действия; применение источников бесперебойного энергоснабжения СФЗ и автоматического перехода на резервные источники;

учет «человеческого фактора», т.е. возможности появления у злоумышленников соучастника из числа персонала объекта, что обязывает предусматривать следующие меры: правило «двух лиц» при допуске персонала на объекты; строгий отбор персонала при приеме на работу, медицинский контроль и контроль дееспособности персонала, а также обучение персонала; регулярные тренировки; обеспечение взаимодействия охраны с силами территориальных подразделений МВД.

Решительная реакция мировой общественности на указанные выше негативные тенденции и угрозы свидетельствуют о необходимости проведения в Украине соответствующих мероприятий по усилению физической защиты и обеспечению безопасности при хранении радиоактивных отходов (РАО), в частности содержащихся в 30-километровой зоне отчуждения ЧАЭС.

Цель данной работы состоит в том, чтобы, основываясь на концепции культуры защищенности [6], трех основных принципах (оправданности, непревышения, оптимизации) защиты от потенциального облучения [18], указанных выше подходах к совершенствованию СФЗ [2] и планах по дальнейшему обращению с ПВЛРО [5], предложить оптимальные подходы к обеспечению нормативного уровня их физической защиты, который определяется исходя из требований национального законодательства, рекомендаций МАГАТЭ и с учетом передового опыта.

Объекты по обращению с аварийными РАО. Краткая характеристика

РАО аварийного происхождения составляют более 98 % от всего количества РАО, накопленных в Украине [3]. В настоящее время аварийные РАО находятся в зоне отчуждения ЧАЭС и сосредоточены, в основном, в так называемых пунктах захоронения РАО (ПЗРО, три объекта) и пунктах временной локализации (ПВЛРО, девять объектов). ПЗРО и ПВЛРО были созданы в 1986-1988 гг. в ходе аварийно-восстановительных работ вокруг 4-го блока ЧАЭС и прилегающей к нему территории (см. рисунок).

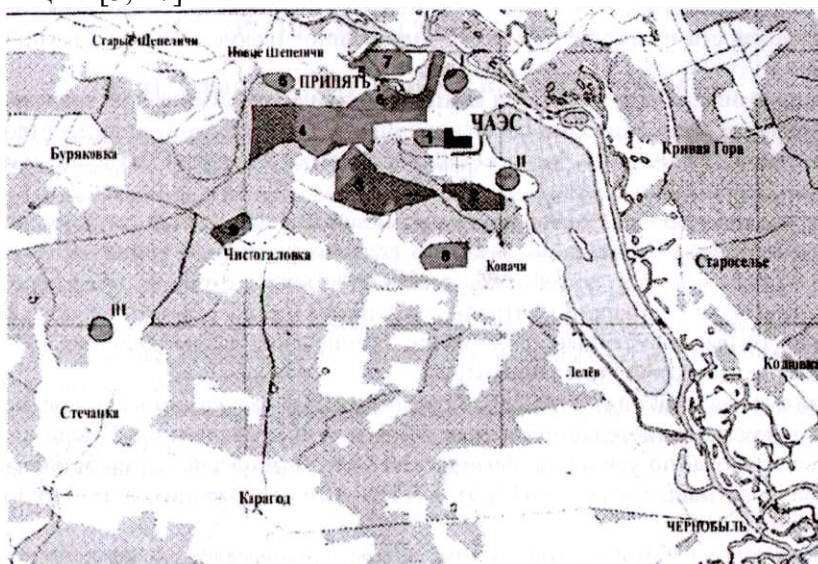
Ситуация с содержанием РАО в ПЗРО может быть признана условно удовлетворительной, поскольку эти объекты оборудованы хоть какими-то инженерными барьерами, пусть и не отвечающими требованиям, предъявляемым к сооружениям,

предназначенным для долговременного хранения РАО. В настоящее время, по мере выделения средств, работы по реконструкции и модернизации ПЗРО ведутся в плановом порядке.

Иная ситуация с ПВЛРО. ПВЛРО представляют собой участки территории, общей площадью приблизительно 10 км², прилегающей к промплощадке ЧАЭС с юга, запада и юго-запада. В 1986 г. обстановка вынуждала к неотложным действиям по снижению радиационного фона, поэтому радиоактивные материалы сосредотачивались непосредственно вблизи мест проведения работ в приповерхностных траншеях и бургах. Общее количество траншей и буртов уточняется и, по разным оценкам, составляет от 800 до 1000. Обследовано не более 30 % территории, занятой ПВЛРО. По имеющимся оценкам [3] общее количество РАО, сосредоточенных в ПВЛРО, составляет около 1,3 млн. м³ с общей активностью порядка $1,7 \cdot 10^{15}$ Бк. Состав отходов: загрязненная почва 50-70 %, древесина 20 – 50 %, строительные отходы 5 %.

81

В основном это РАО низкой активности и отходы, активность которых ниже уровня освобождения от регулирующего контроля. Указанная выше смесь материалов содержит кратко- и долгоживущие радионуклиды [3, 16] некоторая часть отходов может быть отнесена к долгосуществующим [3, 17].



Карта размещения ПЗРО и ПВЛРО в зоне отчуждения.

ПЗРО: I - «Подлесный», II - «3-я очередь ЧАЭС», III - «Буряковка».

ПВЛРО: 1 - «Старая стройбаза», 2 - «Новая стройбаза», 3 - «Рыжий лес», 4 - «Станция Янов», 5 - «Припять», 6 - «Нефтебаза», 7 - «Песчаное плато», 8 - «Копачи», 9 - «Чистоголовка» [15].

В настоящее время продолжают плановые работы по обследованию РАО в еще не изученных буртах и траншеях, уточняются топографические координаты этих объектов. Для значительной части РАО, размещенных в ПВЛРО, не выполнена их характеристика [19], соответственно не могут быть достоверно определены категория этих РАО и нормативный уровень их физической защиты. Не выполнена оценка угрозы совершения диверсии, похищения или какого-либо другого неправомерного действия в отношении указанных РАО и, соответственно, не определена объектовая угроза.

Радикальным решением проблемы является ликвидация ПВЛРО. ГСП ЦППРВ (правопреемник ГСП «Комплекс») осуществляет работы по перезахоронению РАО из ПВЛРО [4, 13], однако учитывая масштабы проблемы, эта деятельность потребует значительных ресурсов и времени, и главное - не может быть завершена одномоментно.

Поскольку ПВЛРО создавались в ранний послеаварийный период, они не соответствуют, по условиям содержания РАО, требованиям действующих нормативных документов, в том числе в части обеспечения их физической защиты. ПВЛРО вообще не имеют собственных барьеров безопасности. На сегодня единственным препятствием

несанкционированному доступу к РАО ПВЛРО являются охранные ограждения по периметру 30-километровой зоны отчуждения. Текущее техническое состояние этого ограждения и значительная протяженность его периметра не исключают несанкционированное перемещение РАО за пределы охраняемой зоны.

Обоснование подхода к обеспечению физической защиты ПВЛРО

Проблема физической защиты объектов по обращению с РАО зоны отчуждения должна решаться на основе комплексного рассмотрения всех значимых факторов. Один из подходов к решению этой проблемы состоит в том, чтобы создать СФЗ на каждом ПВЛРО [5],

82

однако, в связи с намерениями постепенно ликвидировать ПВЛРО, было бы нерационально расходовать ресурсы на создание СФЗ каждого объекта. Тем не менее, до полной ликвидации ПВЛРО они должны быть защищены от возможных посягательств.

Предлагаемый ниже подход основан на практике, сложившейся в атомной энергетике: *если выполнение требований нормативных документов в полном объеме нецелесообразно⁷⁶ или невозможно, то лицензиат должен предложить такие компенсирующие мероприятия, которые обеспечат надлежащую защищенность объекта.* Суть этого подхода состоит в том, чтобы ориентироваться **на цели** физической защиты, которые могут быть достигнуты различными способами, в том числе отличными от предписываемых в нормативных документах

Закон Украины «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» определяет целью физической защиты создание условий, направленных на минимизацию возможностей для диверсии, кражи или иного неправомерного изъятия радиоактивных материалов. Основным параметром, на основании которого устанавливаются требования к **уровню** физической защищенности РАО, является **категория РАО** как показатель их потенциальной опасности. По известной категории РАО определяют нормативный уровень их физической защиты в соответствии с Порядком, который установлен постановлением Кабинета Министров Украины (КМУ) № 625 от 26 апреля 2003 г. [7], с изменениями и дополнениями. В соответствии с указанным документом основным критерием при определении категории твердых РАО служит значение мощности поглощенной дозы (МПД) в воздухе, измеряемой на расстоянии 0,1 м от поверхности объекта (контейнера). К высокоактивным (категория I) отнесены РАО, МПД которых превышает 10^4 мкГр/ч. Для среднеактивных РАО (категория II) соблюдается соотношение 10^2 мкГр/ч < МПД < 10^4 мкГр/ч. У низкоактивных РАО (категория III) МПД лежит в интервале от 1 до 10^2 мкГр/ч. Далее документ [7] устанавливает следующие уровни физической защиты: для высокоактивных РАО - уровень II, для среднеактивных - уровень III, для низкоактивных - уровень IV.

Таким образом, алгоритм определения нормативного уровня физической защиты РАО в соответствии с документом [7] выглядит так: выполнить исследования МПД РАО; исходя из полученных значений, установить категорию РАО; по известной категории определить уровень физической защиты. Далее уровень физической защиты задает а) общие требования к организации физической защиты [7] и б) комплекс соответствующих инженерно-технических средств системы физической защиты [8].

Так, уровень II физической защиты обязывает содержать РАО в защищенной зоне; уровень III физической защиты обязывает содержать РАО в пределах зоны, доступ в которую контролируется; уровень IV физической защиты предусматривает хранение и обращение с РАО с учетом практической целесообразности и требований потенциальной радиационной опасности в пределах объекта, оборудованного охранной сигнализацией.

Резюмируя вышеизложенное, отметим, что даже низкоактивные РАО (категория III) должны содержаться в пределах объекта, оборудованного охранной сигнализацией, если это будет признано практически целесообразным с учетом их потенциальной радиационной опасности.

Проблемы и пути их решения

Практическое применение вышеприведенного алгоритма осложняется тем обстоятельством, что РАО аварийного происхождения чрезвычайно разнообразны по материальному и радионуклидному составам, уровню удельной активности. Не исключено, что во многие траншеях/буртах ПВЛРО сосуществуют, в том или ином соотношении, отходы всех трех категорий. В этом случае документ [7, п. 7] устанавливает, что при наличии на одном объекте РАО с разным уровнем физической защиты должен применяться более высокий уровень. Буквальное толкование этого положения предопределяет то, что значительному количеству буртов и траншей необходимо будет по формальному признаку

83

установить уровень II физической защиты со всеми вытекающими последствиями. Эта коллизия вынуждает к выработке взвешенной стратегии при организации физической защиты ПВЛРО.

В рамках формализованного подхода рассмотрим, в какой мере требования ядерного законодательства применимы к ПВЛРО. Как уже отмечалось, специфика этих объектов обусловлена условиями их формирования и состоит в том, что статус этих объектов не может быть четко определен в терминах законов и нормативных документов. Закон Украины «Про поводження з радіоактивними відходами» оперирует терминами: *хранение, захоронение*, которые, строго говоря, не применимы к ПВЛРО. Например, *хранение* - это размещение РАО в объекте, в котором обеспечивается *их изоляция от окружающей природной среды, физическая защита* и мониторинг. Понятно, что в полной мере эти требования не обеспечены (например, в части изоляции и физической защиты), поэтому и применен термин *локализация*, который достаточно точно отражает суть происходящего, но который не введен в нормативную лексику. Конечно же, по большому счету, неопределенность правового статуса ПВЛРО не создает серьезных препятствий для обеспечения их физической защиты, поскольку собственно РАО, локализованные в них, находятся в законодательном поле. Так, Закон Украины «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» (ст. 13), обязывает препятствовать выносу радионуклидов с территории загрязненных зон и контролировать состояние природной среды (мониторинг). Ст. 10 Закона Украины «Про поводження з радіоактивними відходами» обязывает организовать деятельность в части определения, создания и поддержки функционирования системы физической защиты, а также контролировать ее обеспечение на всех этапах обращения с РАО. Ст. 9 Закона Украины «Про поводження з радіоактивними відходами» предусматривает государственный учет РАО, хранилищ РАО, мест их захоронения, а также мест временного хранения (в нашем случае - локализации). Для реализации этого положения закона Госатомрегулированием Украины установлен порядок проведения государственной инвентаризации РАО [9]. Цели инвентаризации: выявление и учет РАО, контроль их объемов, местонахождения, перемещения, условий хранения и т. п., с последующим занесением (актуализацией) указанных сведений в государственный реестр РАО и государственный кадастр хранилищ РАО и мест временного хранения РАО. Положения о государственном реестре и государственном кадастре утверждены постановлением КМУ [10]. Как указано в документе [11], ПВЛРО включены в инвентарный список РАО, которые попадают под действие объединенной конвенции о безопасности обращения с отработанным топливом и о безопасности обращения с РАО. Из этого следует, что применительно к ПВЛРО нормативное обеспечение верхнего уровня достаточно развито и четко регламентирует ответственность и порядок действий по обращению с ними, в частности по организации их физической защиты. Вместе с тем существует ряд пробелов, препятствующих практической реализации положений законодательства, и прежде всего - это отсутствие достоверных и полных исходных данных о РАО ПВЛРО, а также отсутствие надлежащего методического обеспечения.

Для целей физической защиты РАО, локализованных в ПВЛРО, необходима информация из государственного реестра и государственного кадастра о границах локализации этих РАО. Так, Закон Украины «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» (ст. 20) устанавливает, что СФЗ объекта, который содержит РАО, действует исключительно *в границах* этого объекта, т.е. в пределах *физических барьеров*, размещенных по его периметру. Границы объектов должны устанавливаться на основе топографического картографирования объекта. По имеющимся сведениям [3], значительная часть траншей и буртов ПВЛРО до сих пор не обследована, не известны точные топографические координаты мест их размещения, также как и характеристики локализованных в них РАО (объемы и активность РАО, материальный и нуклидный составы, условия хранения и др.). Как уже упоминалось, основным нормативным критерием отнесения РАО к той или иной

84

категории является измеряемое значение МПД. Однако в данном случае непосредственное применение указанной нормы осложняется тем обстоятельством, что содержимое траншей ПВЛРО весьма объемно и разнородно как по удельной активности, так и по материальному и радионуклидному составам. На текущий момент применительно к РАО ПВЛРО нет утвержденной методики их характеристики и категорирования, которая определяла бы методы обследования, порядок обработки, интерпретации и использования полученных результатов. Организация выполнения соответствующих НИР и разработки необходимых нормативных документов находится, в соответствии со ст. 24 Закона Украины «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання», в компетенции ГАЗО

Украины как органа государственного управления в сфере обращения с РАО на стадии их долгосрочного хранения и захоронения. В случае разработки и утверждения такой методики, целесообразно было бы выполнить комплексное инженерное и радиационное обследование ПВЛРО, основная цель которого - идентификация мест локализации РАО и характеристик РАО в объеме, достаточном для принятия обоснованных решений об уровне их физической защиты. Определение уровня физической защиты РАО ПВЛРО позволит организовать *адекватную* физическую защиту локализованных в них РАО. Слово «адекватная» отражает то обстоятельство, что применительно к ПВЛРО невозможно и нецелесообразно реализовать в полном объеме требования современных нормативных документов, которые распространяются, как правило, на вновь создаваемые объекты, о чем уже упоминалось выше. Какая же защита ПВЛРО может быть признана адекватной? В документе МАГАТЭ [6, п. 4.12] содержится следующая рекомендация: «*Требуется разработать средства обеспечения физической безопасности и контроля доступа с целью предотвращения несанкционированного доступа лиц и несанкционированного изъятия радиоактивных материалов. Требуемый уровень физической безопасности и контроля доступа в хранилище отходов должен быть соразмерным радиологическим рискам и характеру отходов*».

В соответствии с рекомендацией, в качестве адекватного может быть принят такой уровень физической защиты ПВЛРО, который соразмерен с радиологическими рисками и характером локализованных в них отходов. Относительно **оценки радиологического риска** отметим, что ответственность за анализ безопасности и оценку воздействия РАО ПВЛРО на персонал, население и окружающую природную среду возложена на лицензиата [12⁸ - 14]. Для практического выполнения этой задачи необходима утвержденная методика оценки радиологических рисков, разработанная с учетом требований НРБУ-97/Д-2000.

Что касается *характера отходов*, то в обследованных на сегодня ПВЛРО находятся, в основном, РАО низкой активности и отходы, активность которых ниже уровня освобождения от регулирующего контроля [3]. Безусловно, подобные РАО не относятся к тем, физическая защита которых должна быть обеспечена в первоочередном порядке, поэтому речь идет не столько об их физической защите, сколько об охране (как РАО III категории). Заметим, что неполнота данных о ПВЛРО пока не позволяет распространить этот вывод на все содержащиеся в них РАО.

Таким образом, достижение целей физической защиты ПВЛРО должно обеспечиваться, в соответствии с принципом оправданности, на основе таких организационно-технических мероприятий, которые адекватны характеру РАО, содержащихся в ПВЛРО, степени связанного с ними радиологического риска и которые будут достаточно эффективны без применения дорогостоящих инженерных барьеров силового типа. РАО ПВЛРО в той их части, которая обследована на сегодня, имеют низкую удельную активность, не представляют значительной радиологической опасности и физически не могут быть несанкционированно вывезены из зоны отчуждения в больших количествах. Возможность распространения этого тезиса на все РАО ПВЛРО может быть установлена только по результатам комплексного инженерно-радиационного обследования (КИРО).

85

Как видим, планирование мероприятий по обеспечению физической защиты ПВЛРО невозможно без полной и достоверной информации о содержащихся в них РАО. Поэтому необходимым начальным этапом должен стать сбор и анализ исходных данных, полученных на основе КИРО ПВЛРО по специальной программе и с применением единых утвержденных методик. Обследование каждого ПВЛРО должно завершаться разработкой отчета по анализу безопасности (ОАБ) ПВЛРО с оформлением на его основе радиационно-гигиенического паспорта ПВЛРО, который будет содержать всю необходимую для целей физической защиты информацию: границы залегания и характеристики РАО, распределение радионуклидного состава по объему РАО и т.д. Паспорт будет содержать все необходимые данные для выполнения классификации РАО, установления их категории и соответствующего уровня физической защиты по утвержденным методикам. Паспорт должен содержать также результаты оценки радиологического риска, которая будет выполнена в ОАБ по утвержденной методике.

При планировании мероприятий по созданию СФЗ ПВЛРО следует учесть, что в зоне отчуждения расположен ряд объектов, оборудованных СФЗ, отдельные элементы которых могут быть использованы для целей физической защиты ПВЛРО.

Выводы и предложения

В указанных условиях обеспечение физической защиты ПВЛРО может быть сведено, как минимум, к следующим охраняемым мероприятиям:

обозначить на местности границы охраняемого периметра. С этой целью необходимо выполнить КИРО ПВЛРО по утвержденным методикам для определения границ размещения и характеристик РАО в пределах траншей/буртов ПВЛРО с применением методов радиационной разведки и топографического картографирования;

разместить вдоль охраняемого периметра технические средства обнаружения (камеры видеонаблюдения, детекторы движения) и оповещения (автоматическое срабатывание звуковой и световой сигнализации) о попытке пересечения охраняемого периметра;

обеспечить связь с ближайшим охраняемым объектом путем автоматической передачи видеосигнала от камер видеонаблюдения в режиме online на пульт круглосуточной охраны ближайшего объекта, им оборудованного;

Разработать соответствующий объектовый план взаимодействия. Выполнение указанных организационно-технических мероприятий позволит, на наш взгляд, достичь цели физической защиты РАО ПВЛРО за счет своевременного обнаружения и пресечения попыток несанкционированного доступа на объект охраны.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Доклад о физической ядерной безопасности 2012. МАГАТЭ, Вена, 8 августа 2012 г. GO V/2012/41-GC(56)/15
 2. Гнеденко В. Г., Горячев И. В., Петров И. А., Сергеева Е. Г. Модернизация систем физзащиты и обеспечение безопасности спецкомбинатов «Радон» // Атомная стратегия. - № 23 - июль 2006 г.
 3. Національна доповідь України «20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє». - К.: Атіка, 2006.
 4. Доклад о состоянии ядерной и радиационной безопасности в Украине в 2006 г. / Государственный комитет ядерного регулирования Украины.
 5. Концепция реализации государственной политики в сфере развития деятельности в отдельных зонах радиоактивного загрязнения вследствие Чернобыльской катастрофы, принятой распоряжением Кабинета Министров Украины № 535-р от 18 июля 2012 г.
 6. Хранение радиоактивных отходов. МАГАТЭ, Вена, 2008. STI/PUB 1254. ISBN 978-92-0- 404608-3. ISSN 1020-5845.
- 86
7. Постанова КМУ № 625 від 26 квітня 2003 р. «Про затвердження Порядку визначення рівня фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання відповідно до їх категорії».
 8. Наказ Держатомрегулювання України № 176 від грудня 2011 р. «Про затвердження Вимог до комплексу інженерно-технічних засобів системи фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання».
 9. Наказ Держатомрегулювання України № 27 від 11 лютого 2003 р. «Про затвердження Порядку проведення державної інвентаризації радіоактивних відходів» (НП 306.5 04/2.059-2002); зі змінами, що затверджені наказом Держатомрегулювання України № 142 від 14 жовтня 2010 р.
 10. Постанова КМУ № 480 від 29 квітня 1996 р. «Деякі питання поводження з радіоактивними відходами»; зі змінами, що затверджені постановою КМУ № 788 від 22 ссршя 2012 р.
 11. Національна доповідь України по виконанню зобов'язань, що випливають із Об'єднаної конвенції про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та безпеку поводження з радіоактивними відходами. - К., 29 квітня 2003 р.
 12. НД 306.607.95 «Поводження з радіоактивними відходами. Вимоги до поводження з радіоактивними відходами до їх захоронення. Загальні положення».
 13. Статут Державного спеціалізованого підприємства «Централізоване підприємство з поводження з радіоактивними відходами», затверджено наказом МНС України № 13 від 6 січня 2011 р.
 14. НД 306.309.95 «Ежегодный отчет по анализу безопасности с радиоактивными отходами зоны отчуждения. Требования к форме и содержанию».
 15. Чорнобильська катастрофа - 20 років: участь Інституту геохімії навколишнього середовища в подоланні наслідків. - К.: САЛЮТІС, 2006. - С. 89.
 16. Нормы радиационной безопасности Украины. НРБУ-97.
 17. Основные санитарные правила противорадиационной защиты Украины. ОСПУ-2005.
 18. Нормы радиационной безопасности Украины. Дополнение: Радиационная защита от источников потенциального облучения. НРБУ-97/Д-2000.
 19. Наказ Держатомрегулювання України № 160 від 25 жовтня 2004 р. «Про затвердження Рекомендацій щодо встановлення критеріїв приймання кондиційованих радіоактивних відходів на захоронення у при поверхневих сховищах».

ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОГО ЗАХИСТУ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ, ЛОКАЛІЗОВАНИХ У ЗОНІ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ

В. М. Глигало, А. П. Гудков, В. І. Мартиненко

⁷⁹Представлено пропозиції щодо вдосконалення системи фізичного захисту радіоактивних відходів 30-кілометрової зони відчуження, що розміщені в пунктах тимчасової локалізації радіоактивних відходів.

Ключові слова: фізичний захист радіоактивних відходів, зона відчуження ЧАЕС, пункти тимчасової локалізації, пункти захоронення радіоактивних відходів, централізоване підприємство по поводженню з радіоактивними відходами.

**PROBLEMS OF PHYSICAL SECURITY OF RADIOACTIVE WASTE, LOCALIZED IN THE
ELIMINATION ZONE OF THE CHERNOBYL ACCIDENT CONSEQUENCES**

V. M. Glygalo, A. P. Gudkov, V. I. Martynenko

There are propositions for improvement of the physical security of radioactive waste in 30-km exclusion zone, placed in the radioactive waste temporary localization point.

Keywords: physical security of radioactive waste, ChNPP Exclusion zone, temporary localization points, radioactive waste disposal point, centralized enterprise for the management of radioactive waste.

87

МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ
НАСЕЛЕННЯ ВІД НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ
ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ З УПРАВЛІННЯ ЗОНОЮ ВІДЧУЖЕННЯ

ПРОБЛЕМИ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 10

(Російською та українською мовами)

80

Підп. до друку 02. 12. 12. Формат 70x108/16. Папір офс. Друк офс. Ум. друк. арк. 7,7.
Тираж 500 пр. Зам. № 12-1058.

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України
Київська обл., 07270, м. Чорнобиль, вул. Кірова, 36а
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2114 від 25.02.2005 р.

ПАТ "ВІПОЛ" 03 151, м. Київ, вул. Волинська, 60
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 752 від 27.12.2001 р.