

Оценка затрат на обращение с радиоактивными отходами при снятии с эксплуатации энергоблоков Чернобыльской АЭС

Приводятся результаты расчетов по оценке объемов РАО, необходимого финансирования и трудозатрат на обращение с РАО, которые могут возникнуть при снятии с эксплуатации энергоблоков Чернобыльской АЭС.

В. М. Гавриш, Д. О. Ткачев

Оцінка витрат на поводження з радіоактивними відходами при знятті з експлуатації енергоблоків Чорнобильської АЕС

Наведено результати розрахунків щодо оцінки об'ємів РАО, необхідного фінансування та трудових затрат на поводження з РАО, які можуть виникнути при знятті з експлуатації енергоблоків Чорнобильської АЕС.

Определение объемов радиоактивно-загрязненных материалов и технологий обращения с ними является одной из приоритетных задач, определяющей эффективность выполнения работ по снятию с эксплуатации. Согласно [1–5], доля финансовых затрат на обращение с РАО может достигать 80 % общей стоимости работ по снятию с эксплуатации. Затраты на обращение с РАО зависят, в первую очередь, от национальных стандартов и нормативных требований, объемов РАО, наличия радиационных аварий на установке, используемых технологий демонтажа, дезактивации, кондиционирования, хранения и (или) захоронения РАО, стоимости трудозатрат.

Учитывая все перечисленные факторы, в пределах одной страны объемы РАО и затраты на обращение с РАО будут различными даже для однотипных реакторов. В странах, имеющих развитую атомную энергетику, к определению таких затрат подходят следующим образом: проводят радиационное обследование установки, а далее, как правило, используют специализированные программы: например, в ФРГ — систему «DeManS» фирмы EWN GmbH, в США — программу «Stream» для площадки Hanford, в Словакии — код «Omega» фирмы Decom Slovakia. В некоторых случаях, используя информацию из радиационных обследований, определяют необходимые данные экспертным путем [6–8]. Следует особо отметить, что применение специализированных программ значительно снижает трудоёмкость и соответственно позволяет оптимизировать работы по снятию с эксплуатации, проводимые на площадке.

Эта задача особенно актуальна для Украины, в которой с 2000 г. начаты работы по подготовке к снятию с эксплуатации Чернобыльской АЭС. До настоящего времени подходы к оценке всех объемов РАО и возможных технологий по обращению с РАО на весь период снятия с эксплуатации являлись приблизительными и основывались на опыте эксплуатации. Данная ситуация в основном объясняется отсутствием до 2004 г. рабочей Стратегии снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС, а до 2005 г. — полных данных комплексного инженерного обследования (КИРО) всех энергоблоков ЧАЭС. В 2006–2007 гг. в связи с разработкой Программы снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС впервые была предпринята попытка решения данной задачи на весь период снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС, включая достижение конечного состояния «бурого пятна» (когда работы по снятию с эксплуатации на площадке закончены, а оставшиеся здания и сооружения доведены до радиационного состояния, соответствующего фоновым значениям зоны отчуждения). Дальнейшая деятельность предполагается в рамках Программы реабилитации зоны отчуждения.

Основная часть работ по определению объемов РАО, необходимого финансирования и трудозатрат на обращение с РАО выполнялась экспертным путем. Предполагается, что в будущем такие работы будут производиться с помощью одного из модулей информационной системы поддержки снятия с эксплуатации.

Целью данной статьи является проведение детальной оценки планируемой деятельности по обращению с РАО при выполнении работ по снятию с эксплуатации Чернобыльской АЭС в период до 2064 г., а также разработка алгоритма определения оптимальной стратегии обращения с РАО и оценки затрат при выборе варианта снятия с эксплуатации.

В процессе разработки Программы снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС в 2007 г. уточнена Стратегия снятия

2004 г., которая заключается в том, что непосредственно работы по снятию с эксплуатации планируется начать в 2010 г. и вести их в три этапа:

- этап окончательного закрытия и консервации (до 2021 г.);
- этап выдержки (2022—2044 гг.);
- этап демонтажа (приблизительно 2045—2064 гг.).

На протяжении этих лет предполагается освободить территорию, занимаемую площадкой ЧАЭС, от радиоактивно загрязненных материалов и источников ионизирующего излучения и максимально снизить ограничения на использование площадки. Данные работы не относятся к объекту «Укрытие» и хранилищу отработанного ядерного топлива.

Определение объемов РАО, необходимого финансирования и трудозатрат на обращение с РАО производилось согласно алгоритму, представленному на рис. 1. В качестве исходных данных использовались результаты КИРО энергоблоков №№ 1, 2, 3 и ряда работ [10—13].

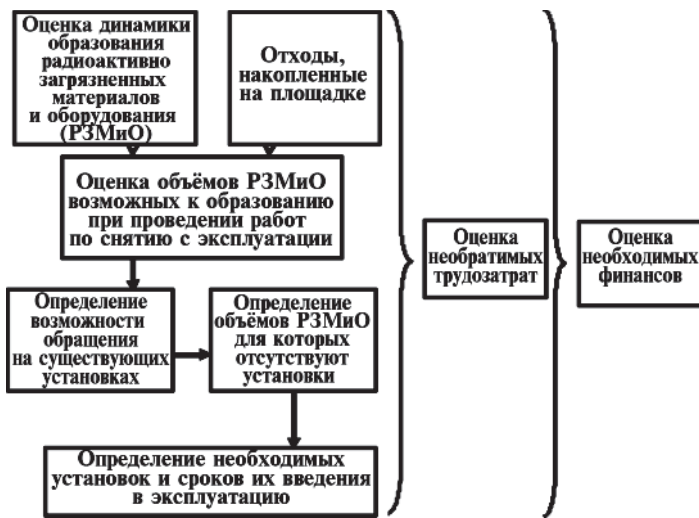


Рис. 1. Алгоритм проведения оценки затрат

Для оценки объемов и динамики образования РАО, возможных к возникновению при выполнении работ по снятию с эксплуатации ЧАЭС, принималось, что темп демонтажных работ радиоактивно загрязненного оборудования и материалов составляет 2500 т/год. Объем радиоактивно загрязненных материалов и оборудования (РЗМиО) и РАО учитывался в соответствии с рабочей классификацией на основе способов обращения — сжигаемые, прессуемые и т. д. (данный подход описан в п.15.1.9 ОСПУ [13]). Для оценки возможных технологий обращения с РАО использовались данные о существующих технологиях. До 2020 г. учтена общая динамика образования РАО с учетом работ на объекте «Укрытие» при строительстве нового безопасного конфаймента (НБК) и демонтаже нестабильных конструкций объекта «Укрытие». В соответствии с результатами КИРО до 95 % всех радиоактивно загрязненных материалов и оборудования отнесены по радиационным характеристикам согласно существующей классификации к краткосуществующим радиоактивными отходами (КС). Не рассматривались аспекты обращения с длительносуществующими отходами (ДС) и высокоактивными отходами (ВАО) ввиду разработанной стратегии обращения с ДС и ВАО [14]. При планировании обращения с РАО принят принцип «максимальной переработки радиоактивно загрязненных материалов» в соответствии с фундаментальными принципами обращения с РАО, изложенными в [15]. При определении

объемов учитывались как непосредственно радиоактивно загрязненные материалы, так и вторичные РАО, возникающие в процессе обращения.

С учетом вышеприведенных допущений общие объемы радиоактивно загрязненных материалов и РАО (РЗМиО), образующихся в процессе проведения работ по снятию с эксплуатации, ориентировочно составляют: ТРО — 142 тыс. м³, ЖРО — 33 тыс. м³.

После оценки объемов согласно приведенному алгоритму (рис. 1), определялась возможность обращения с РАО на существующих участках и установках, эксплуатируемых на этапе окончательного закрытия и консервации.

Для радиоактивных материалов и оборудования, остающихся не переработанными на установках, определялись необходимые дополнительные установки. Пример определения необходимой мощности для переработки металлических отходов на этапе окончательного закрытия и консервации представлен на рис. 2 (по левой вертикальной оси показано накопление металлических отходов, м³, для которых производительности предлагаемых установок недостаточно, соответствующие графики изображены пунктирными линиями; по правой вертикальной оси показано суммарное накопление металла без проведения дезактивации, м³, соответствующий график изображен сплошной линией). Аналогичным был подход и по другим видам отходов.

В результате определены перечень и оптимальная производительность необходимых дополнительных установок по обращению с РЗМиО по всем этапам снятия с эксплуатации (табл. 1).

В результате обращения с РЗМиО на имеющихся и необходимых дополнительных установках и участках прогнозируется образование кондиционированных ТРО в ориентировочных в объемах до 77 тыс. м³. Из них объем КС составит 78—80 %, или до 60 тыс. м³.

Далее в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 1, определялось необходимое количество персонала для проведения работ по обращению с РАО на весь период снятия с эксплуатации. Оценка потребности в трудовых ресурсах выполнялась на основе анализа работ, планируемых к проведению на площадке, а также анализа работы установок и участков по обращению с РАО, по следующим градам: руководители; ИТР; рабочие (рис. 3).

В условиях высокой степени неопределенности из-за отсутствия разработанных проектов СЭ при определении количества требуемого персонала использовался подход,

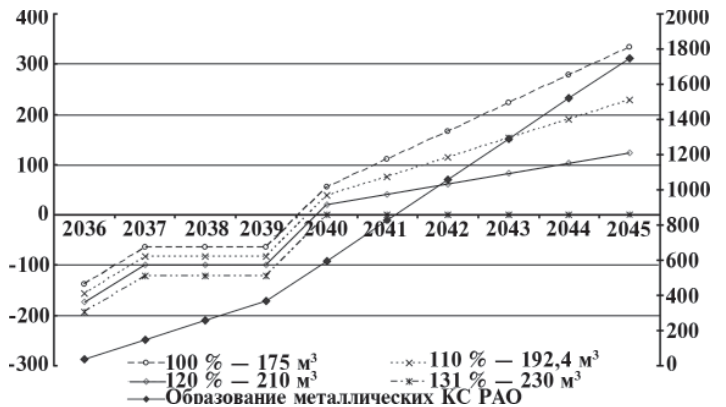


Рис. 2. Пример определения оптимальной переработки (дезактивации) металлических отходов в зависимости от различных производительностей установок дезактивации в период с 2036 по 2045 гг.

Таблица 1. Необходимые дополнительные установки по обращению с РАО

Установка/Участок	Ввод в эксплуатацию, год	Производительность (мощность), м ³ /год	Примечание
Хранилище для временного хранения ЖРО ДС	2010	7710	Как временная мера до создания участка по переработке ЖРО ДС
Участок переработки ЖРО ДС	2011	700	
Участок фрагментации и дезактивации металлов № 1	2010	1620	
Металлоплавильная печь	2012—2015	910	
Участок обработки кабельной продукции № 1	2010	80	
Участок фрагментации и сортировки для обращения ТРО ДС № 1	2010	120	
Временное хранилище для ДС РАО	2010	7000	
Хранилище для захоронения КС РАО	2016	30000	Строительство будет осуществляться МЧС после проведения ТЭО
Участок обработки кабельной продукции № 2	2021	21	С учетом продления ресурса участка обработки кабельной продукции № 1
Участок обработки кабельной продукции № 3	2036	150	
Площадка временного хранения № 1	2010	700	
Участок по переработке ЖРО КС	2039	486	Альтернатива — реконструкция ЗПЖРО
Участок фрагментации и дезактивации металлов № 2	2036	230	Альтернатива — продление срока эксплуатации участка фрагментации и сортировки для обращения ТРО ДС № на 10 лет
Участок по обращению с прессуемыми КС РАО	2039	353	Альтернатива — реконструкция имеющегося Промышленного комплекса по обращению с ТРО
Участок по обращению со сжигаемыми КС РАО	2039	116	Альтернатива — реконструкция имеющегося Промышленного комплекса по обращению с ТРО
Участок по обращению с неперерабатываемыми КС РАО	2039	230	В состав участка должна входить площадка временного хранения до 400 м ³
Площадки временного хранения № 2	2021-2046	2200	
Установка по обращению с ДС РАО № 2	2046	140	
Дополнительный участок по обращению с неперерабатываемыми КС РАО	2052	194	
Участок фрагментации и дезактивации металлов № 3	2046	295	

основанный на методе экспертных оценок и опыте, полученном при выполнении подобных работ. Одним из основных допущений являлось то, что все работы, выполняемые на площадке, осуществляются собственными силами с минимальным привлечением подрядчиков для выполнения специфических работ. Нормы управляемости приняты в соответствии со средним сложившимся в про-

мышленности Украины соотношением рабочих, ИТР, руководителей — 25:5:1.

Далее определялись объемы необходимого финансирования на обращение с РАО с учетом затрат на материалы, энергоносители, упаковки, среднюю заработную плату персонала, затрат на транспортировку, амортизационные отчисления и затрат на техническое обслуживание. В результате

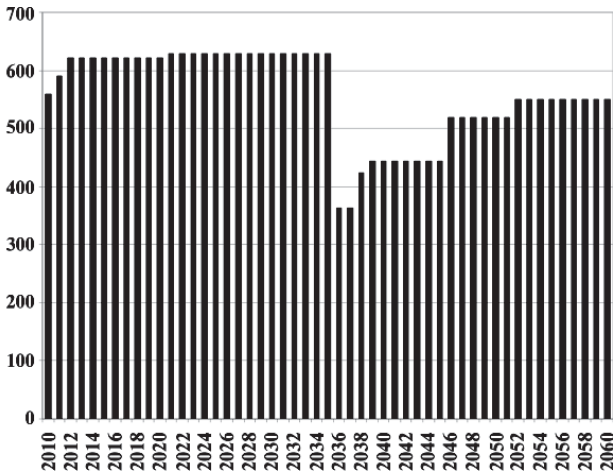


Рис. 3. Прогнозные оценки в потребности персонала, чел., для обращения с РАО на ГСП ЧАЭС

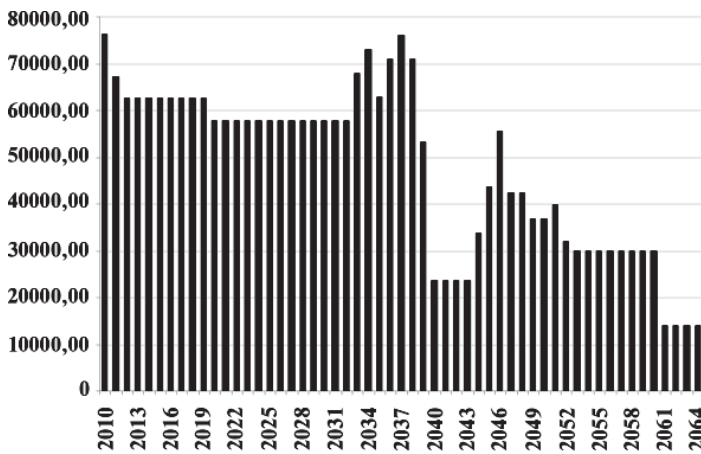


Рис. 4. Ориентировочные финансовые затраты, тыс. грн, на обращение с РАО при выполнении работ по снятию с эксплуатации ГСП ЧАЭС и преобразованию объекта «Укрытие» в ценах 2006 г.

получен график необходимого ежегодного финансирования работ по обращению с РАО Чернобыльской АЭС для всех этапов снятия с эксплуатации (рис. 4). Общие прогнозируемые затраты по ценам за 2006 г. составили 2622 млн грн.

Выводы

Впервые получены детальные оценки планируемой деятельности по обращению с РАО при проведении работ по снятию с эксплуатации Чернобыльской АЭС в период до 2064 г. Результаты проделанной работы нуждаются в постоянной актуализации с использованием специализированных программных средств в связи с изменениями учетных факторов. Предложенный алгоритм может быть с успехом применен при разработке концепций снятия с эксплуатации действующих АЭС Украины в части определения

оптимальной стратегии обращения с РАО и оценки затрат при выборе варианта снятия с эксплуатации.

Большие трудозатраты на проделанную работу и значительное количество динамических факторов диктуют насущную необходимость создания в Украине специализированных компьютерных систем по снятию с эксплуатации.

Список литературы

1. Менон Ш. Повторное использование материалов от демонстрации ядерных установок// Атомная техника за рубежом. — 1996. — № 12.
2. Сивинцев Ю. В. Минимизация объёма отходов низкой удельной активности на АЭС// Атомная техника за рубежом. — 1996. — № 11.
3. Андерссон О. Концентрирование и переработка отходов низкой удельной активности// Атомная техника за рубежом. — 1995. — № 12.
4. Хебрант П. Повторное использование металла демонтированных трубопроводов АЭС// Атомная техника за рубежом. — 1989. — № 9.
5. Шульга Н. А. Перспективы развития за рубежом регенерации металлов из радиоактивного металлического скрапа методом плавления// Атомная техника за рубежом. — 1994. — № 4.
6. Sterner H. et al. Stilllegung und Abbau des Kernkraftwerkes Greifswald// Atomwirtschaft. — 1995. — № 40. — P. 247–252.
7. Rittscher D., Leushacke D.F. Waste Management and Decommissioning of VVER Reactors in Germany // ASME. — Baltimore (USA), 1998.
8. Innovative technology summary report: System for Tracking Remediation, Exposure, Activities and Materials/ DOE/EM-0376, Department of Energy, Office of Environmental Management, Washington, DC (United States), 1998. — 29 p.
9. Daniska V. et al. Lessons Learnt from Application of the Standardised Cost Calculation Code OMEGA in Decision Making Processes and Planning in Decommissioning// International Conference on Lessons Learned from Decommissioning of Nuclear Facilities and the Safe Termination of Nuclear Activities. — Athens (Greece), 2006.
10. Итоговый отчет по результатам комплексного инженерного и радиационного обследования энергоблока № 1/ ГСП ЧАЭС. №14.50.420.120-01.57. — Славутич, 2000. — 231 с.
11. Итоговый отчет по результатам комплексного инженерного и радиационного обследования энергоблока № 2/ ГСП ЧАЭС. №14.50.420.280-01.32. — Славутич, 2002. — 225 с.
12. Сводный итоговый отчет по результатам комплексных инженерных и радиационных обследований энергоблоков № 2, 3/ ГСП ЧАЭС 14.50.420.300-01.53; Инв. № 51. — Славутич, 2005. — 870 с.
13. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України / МОЗ України. ДП 6.177-2005-09-02. — К., 2005.
14. Стратегия обращения с длительносуществующими и высокоактивными твердыми радиоактивными отходами на этапах прекращения и снятия с эксплуатации энергоблоков ЧАЭС и преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему (фазы 1, 2) / ГСП ЧАЭС. — Славутич, 2006. — 32 с.
15. Principles of Radioactive Waste Management, Safety Series No. 111-F. — Vienna: IAEA, 1995.

Надійшла до редакції 02.03.2009.