

# РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

## ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

**М.С. Хвостова**

Экологический центр

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

*Старопанский пер., 1/5, ИИЕТ РАН, Москва, Россия, 109012*

Проанализирована ситуация по обращению с радиоактивными отходами в России, представлены источники образования радиоактивных отходов, а также их структура и методы переработки.

**Ключевые слова:** радиоактивные отходы, радиационная безопасность, переработка, хранение, окружающая среда.

Производство расщепляющихся ядерных материалов, реализация оборонных, энергетических и научно-исследовательских программ тесно связаны с проблемой образования огромного количества радиоактивных отходов (РАО).

Обращение с РАО как с обычными промышленными отходами, применявшееся на начальных этапах развития атомной промышленности как в нашей стране, так и за рубежом показало, что опасность, связанная с РАО, была серьезно недооценена. В должной мере не было учтено тепловое и радиационное воздействие РАО, что привело к радиационному инциденту в 1949—1951 гг. и радиационной аварии в 1957 г. на ФГУП «ПО „Маяк“».

Экологические проблемы при обращении с РАО обусловлены в первую очередь наличием высокой степени потенциальной опасности нанесения ущерба окружающей природной среде в связи с возможностью радиационного заражения гидросферы, атмосферы, почв и причинения вреда биологическим ресурсам и человеку.

На настоящий момент на предприятиях Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (ГК «Росатом») в пунктах хранения находится более 500 млн м<sup>3</sup> жидких радиоактивных отходов (ЖРО), суммарная альфа-активность которых оценивается в  $1,9 \cdot 10^{16}$  Бк, а суммарная бета-активность — в  $7,3 \cdot 10^{19}$  Бк. Твердые радиоактивные отходы (ТРО), суммарная альфа-активность которых составляет  $6 \cdot 10^{15}$  Бк и бета-активность —  $8,1 \cdot 10^{18}$  Бк, находятся в 274 пунктах хра-

нения и составляют по массе около 180 млн т. Превалирующий вклад в образование радиоактивных отходов вносят предприятия ядерно-топливного цикла. Основное количество РАО (99% по активности) сосредоточено на предприятиях ФГУП «ПО „Маяк“», ОАО «Сибирский химический комбинат» (СХК) и ФГУП «Горно-химический комбинат» (ГХК) [8]. В табл. 1 представлены источники образования, количество и места хранения радиоактивных отходов.

Таблица 1

**Источники образования, количество и места хранения радиоактивных отходов [8]**

Источник	Вид	Объем, м <sup>3</sup>	Активность		Место захоронения
			Бк	Ки	
Добыча и переработка руд	Шламы и отвалы пород	$1,0 \cdot 10^8$	$6,7 \cdot 10^{15}$	$1,8 \cdot 10^5$	Площадки ГОКов
Обогащение урана и производство твэлов	Жидкие и твердые	$1,6 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^{14}$	$4,0 \cdot 10^3$	Хвостохранилища, склады и площадки
АЭС	Концентрированные	$1,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^{15}$	$4,0 \cdot 10^4$	Емкости-хранилища на АЭС
	Твердые	$1,2 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^{13}$	$1,0 \cdot 10^3$	Хранилища АЭС
	Отвержденные	$1,6 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^{13}$	$1,0 \cdot 10^3$	Хранилища АЭС
Переработка твэлов и производств оружейных ядерных материалов	Жидкие ВАО	$2,5 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^{19}$	$5,7 \cdot 10^8$	Емкости на ПО «Маяк»
	Остеклованные ВАО	$9,5 \cdot 10^3$	$7,4 \cdot 10^{18}$	$2,0 \cdot 10^8$	Специальные хранилища АЭС и на ПО «Маяк»
	Жидкие НАО и САО	$4,0 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^{19}$	$7,0 \cdot 10^8$	Емкости, водоемы и бассейны
	Твердые	$1,0 \cdot 10^8$	$4,4 \cdot 10^{17}$	$1,2 \cdot 10^7$	Железобетонные приповерхностные хранилища
Ледоколы и транспортные средства	Жидкие	$3,9 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^{10}$	0,6	Береговые хранилища
	Твердые	$1,5 \cdot 10^3$	$7,4 \cdot 10^{14}$	$2,0 \cdot 10^4$	Береговые хранилища
Строительство, эксплуатация и вывод из эксплуатации АПЛ	Жидкие	$1,6 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^{13}$	$6,8 \cdot 10^2$	Береговые хранилища
	Твердые	$1,4 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^{13}$	$9,0 \cdot 10^2$	Хранилища на предприятиях и плавучие базы
Применение радионуклидных источников	Жидкие, твердые и отвержденные	$2,0 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^{16}$	$2,0 \cdot 10^6$	На предприятиях «Радон» (сейчас — ФГУП «РосРАО»)

### **Жидкие радиоактивные отходы и пункты их хранения**

По оценкам предприятий, до 90% объема ЖРО находится в хранилищах, не отвечающих современным требованиям по изоляции их от окружающей среды.

В настоящее время действующими являются 105 пунктов хранения ЖРО, из них семь пунктов глубинного захоронения в геологических формациях, восемь пунктов выведены из эксплуатации или находятся в состоянии вывода (в контролируемом режиме), два пункта — в законсервированном состоянии. Распределение жидких радиоактивных отходов по пунктам хранения различных типов показы-

вает, что 80,8% объема всех ЖРО находится в специальных водоемах; 9,5% — в хвостохранилищах наливного типа; 9,7% — в изолированных от окружающей среды пунктах хранения.

Распределение ЖРО различных категорий по пунктам хранения, изолированным и не изолированным от окружающей среды, представлено в табл. 2.

Таблица 2

Распределение жидких РАО по пунктам хранения [3]

Показатель	Количество жидких РАО, всего		В том числе					
	млн м <sup>3</sup>	%	млн м <sup>3</sup>	%	млн м <sup>3</sup>	%	млн м <sup>3</sup>	%
Росатом России, всего	515	100	0,035	< 0,01	12	2,2	503	97,8
В том числе в пунктах хранения:								
изолированных от окружающей среды	50	9,7	0,03	< 0,01	10	1,9	40	7,7
не изолированных от окружающей среды	465	90,3	0,005	< 0,01	2	0,3	463	90,1

Таким образом, по объему основная часть отходов (около 98%), находящихся в пунктах хранения ЖРО, относится к категории низкоактивных отходов (НАО) и около 2% — к среднеактивным (САО). Высокоактивные отходы (ВАО) составляют менее 0,01% общего количества ЖРО. При суммарной активности ЖРО, равной  $7,3 \cdot 10^{19}$  Бк, активность разных категорий отходов составила: низкоактивных —  $1,9 \cdot 10^{16}$  Бк (менее 0,04% общей активности ЖРО); среднеактивных —  $5,9 \cdot 10^{19}$  Бк (около 81% общей активности ЖРО); высокоактивных —  $1,4 \cdot 10^{19}$  Бк (около 19% общей активности ЖРО).

Важно отметить, что в хранилищах, не изолированных от окружающей среды, находятся в основном отходы низкой активности, а высоко- и среднеактивных отходов в этих хранилищах содержится не более 0,3% общего количества. Основная часть (как по количеству, так и по суммарной активности) высоко- и среднеактивных отходов сосредоточена в пунктах хранения, изолированных от окружающей среды.

В 97 пунктах приповерхностного хранения ЖРО сосредоточено около 465 млн м<sup>3</sup> жидких РАО общей активностью  $2,5 \cdot 10^{19}$  Бк. Общая площадь, занимаемая ими, составляет 110,8 км<sup>2</sup>, в том числе: на промплощадках — 85 пунктов общей площадью 5,1 км<sup>2</sup>; в санитарно-защитной зоне — 12 пунктов площадью 105,7 км<sup>2</sup>;

Анализ РАО, накопленных в приповерхностных пунктах хранения, показывает, что в целом около 60% общей активности отходов находится в донных отложениях, а для среднеактивных и низкоактивных отходов этот показатель составляет более 90%. Влияние пунктов хранения ЖРО на окружающую среду оценивалось по наличию превышений установленных нормативов по уровню воздействия в соответствии с НРБ-99/2009 для воды ( $УВ^{вода}$ ) в наблюдательных скважинах, расположенных в непосредственной близости от пунктов хранения. Превышения  $УВ^{вода}$

в грунтовых водах были зафиксированы на семи предприятиях: ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ОАО «ППГХО») в районе хвостохранилищ (по торию-230, полонию-210 и свинцу-210); ОАО «Машиностроительный завод» в районе хвостохранилища № 294А (по общей альфа-активности, пересчитанной на уран-235 и -238); ФГУП «Горно-химический комбинат» в районе объекта 353 (по рутению-106 и суммарной бета-активности); ФГУП «ПО «Маяк» в районе водоемов 9, 11, 17 (по тритию, кобальту-60 и стронцию-90); Белоярская АЭС (по стронцию-90 и цезию-137); Кольская АЭС в районе временного хранилища ЖРО (по цезию-137); Нововоронежская АЭС в районе хранилища ЖРО (по кобальту-60).

### **Твердые радиоактивные отходы и пункты их хранения**

ТРО и пункты хранения имеются на 39 предприятиях отрасли. Основное их количество представлено отходами горнодобывающих производств, забалансовыми рудами, спецодеждой, крупногабаритным и лабораторным оборудованием, тарой, малогабаритными металлоконструкциями, стройматериалами, загрязненным грунтом [8; 6].

Количество ТРО, накопленных в пунктах хранения, составляет 177 млн т (из них в отвалах — 158 млн т). Некоторые ТРО трудно разделить по типам, так как они хранятся в емкостях в смешанном виде. Суммарная альфа-активность ТРО достигает  $6 \cdot 10^{15}$  Бк, бета-активность —  $8,1 \cdot 10^{18}$  Бк.

Основная часть альфа-активных ТРО находится: в специализированных зданиях —  $3,4 \cdot 10^{15}$  Бк; отвалах добычи урансодержащих руд —  $10^{15}$  Бк; отработанных картах хвостохранилищ —  $10^{15}$  Бк.

Бета-активные ТРО сосредоточены в основном в специализированных зданиях. Основное количество пунктов хранения изолировано от окружающей среды (191 пункт или 70%), в то же время из 177 млн т твердых радиоактивных отходов 166 млн т (около 94%) находится в хранилищах, не изолированных от окружающей среды.

В настоящее время из 274 пунктов хранения ТРО 131 (48%) действует; 110 (40%) выведено из эксплуатации; 33 (12%) законсервировано.

По месту расположения пункты распределились следующим образом: на промплощадках — 219 (80%); в санитарно-защитной зоне — 51 (18%); в зоне наблюдения — 4 (2%).

Наибольшее количество пунктов хранения ТРО расположено на предприятиях ядерно-топливного цикла — 146, на АЭС — 46, на горнорудных предприятиях — 31. По массе твердых радиоактивных отходов (96,0%) и занимаемым ими площадям (72,3%) первенство принадлежит горнорудным предприятиям. Это отвалы добычи урансодержащих и забалансовых руд. Низкоактивные отходы составляют по массе 99,5% всех ТРО. Следует подчеркнуть, что практически 98% суммарной активности ТРО содержится в остеклованных высокоактивных отходах, хранящихся на ФГУП «ПО „Маяк“». Контроль за содержанием радионукли-

дов в подземных водах осуществляется посредством наблюдательных скважин, расположенных вокруг пунктов хранения ТРО. Превышения УВ<sup>вода</sup> наблюдаются в районах расположения пунктов хранения на 23 предприятиях.

### **Переработка радиоактивных отходов**

На 21 предприятии отрасли эксплуатируются 30 установок переработки радиоактивных отходов. В их числе 20 установок цементирования, битумирования, остекловывания, кальцинации, упаривания, очистки сбросных вод, фракционирования ВАО, предназначенных для переработки ЖРО, и 10 установок для переработки ТРО — сжигания, прессования, плавления. Объем переработанных ЖРО за время эксплуатации установок составил 148 325 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе по типам установок (тыс. м<sup>3</sup>): цементирования — 0,4; битумирования — 28,2; остекловывания — 12,5; кальцинации — 763,8; упаривания — 241,1; очистки сбросных вод — 135 019; прочим типам установок (обессоливания, фракционирования ВАО) — 12 260.

При переработке ЖРО на установках остекловывания (высокоактивные РАО), упаривания (среднеактивные РАО), очистки сбросных вод (низкоактивные РАО) происходит значительное сокращение объемов отходов.

Количество переработанных твердых низкоактивных отходов составило 45,3 тыс. т (с активностью  $6,7 \cdot 10^{12}$  Бк), из них по типам установок (тыс. т): сжигания — 0,3; прессования — 3; прочим типам установок (дезактивации, плавления) — 42.

Активность жидких РАО, переработанных за время эксплуатации установок с указанием категории отходов, распределяется следующим образом: высокоактивных — 12,9 тыс. м<sup>3</sup> с активностью  $1,1 \cdot 10^{19}$  Бк; среднеактивных — 242,3 тыс. м<sup>3</sup> с активностью  $4,2 \cdot 10^{15}$  Бк; низкоактивных — 148,1 млн м<sup>3</sup> с активностью  $3,1 \cdot 10^{15}$  Бк.

Предприятия ФГУП «ПО „Маяк“», ФГУП «ГХК» и ОАО «СХК», на которых находится более 90% накопленных РАО, выполнили ряд мероприятий, направленных на решение проблем перевода накопленных РАО в экологически безопасное состояние и повышение безопасности хранилищ ЖРО [5]:

На ФГУП «ПО „Маяк“» разработана и испытана на стендовых установках двухстадийная технология иммобилизации ЖРО, накопленных в результате выполнения военных программ.

На ФГУП «ГХК» разработаны технологии, созданы опытно-промышленные узлы и проведены опытные операции по извлечению алюминатных пульп из емкостей-хранилищ, отверждению нерастворимых остатков извлеченных пульп непосредственно в емкостях-хранилищах, дезактивации емкостей-хранилищ, освобожденных от пульп. Активность ЖРО, переведенных в экологически безопасное состояние составила  $3,64 \cdot 10^{15}$  Бк.

На ОАО «СХК» разработана технология и проведены опытные операции по установке дополнительных барьеров безопасности наземных хранилищ РАО, продолжаются работы по мониторингу и повышению безопасности полигона глубинной закачки ЖРО.

В России за год в категорию РАО переводится порядка 55 тыс. закрытых радиоактивных источников (ЗРИ) с истекшим назначенным сроком эксплуатации. Основной производитель ЗРИ категорий 1 и 2 — ФГУП «ПО „Маяк“» — принимает отработавшие ЗРИ собственного производства от пользователей Российской Федерации. Прочие отработавшие ЗРИ в установленном порядке передаются для долговременного хранения в ФГУП «РосРАО».

Учет источников ионизирующего излучения в системе государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов осуществляется с момента их поступления на склад готовой продукции производителя и до момента утилизации (перевода в категорию РАО) и размещения их на хранение (захоронение). При этом регистрируются все перемещения источников между предприятиями.

Следует подчеркнуть, что темпы переработки радиоактивных отходов в целом по-прежнему остаются низкими, и это ведет к их накоплению. На данный момент накоплено около 540 млн т РАО. Ежегодно образуется около 4,8 млн РАО, из них переработке подвергается около 3,8 млн т РАО.

Большое количество накопленных некондиционированных радиоактивных отходов, недостаточность технических средств для обеспечения безопасного обращения с ними, отсутствие надежных хранилищ для их длительного хранения (захоронения) повышают риск возникновения радиационных аварий и создают реальную угрозу радиоактивного загрязнения окружающей природной среды.

### **Радиационная безопасность при обращении с РАО**

В соответствии с подходами, признанными в мировой практике, и действующим российским законодательством основная ответственность за обеспечение безопасности при использовании атомной энергии возлагается на эксплуатирующие организации. Однако важный блок работ в сфере обеспечения ядерной и радиационной безопасности должен быть обеспечен соответствующими органами государственного управления, органами государственного регулирования безопасности и органами местного самоуправления.

По направлению «Обращение с радиоактивными отходами» необходимо:

- установить нормы об обязательности захоронения радиоактивных отходов, определении системы финансирования обращения с радиоактивными отходами вплоть до их захоронения;
- определить собственников радиоактивных отходов;
- установить основы обращения с радиоактивными отходами на уровне федерального закона.

Президентом РФ подписан Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [4]. Закон направлен на регулирование отношений в области обращения с РАО. В нем получает отражение классификация РАО, устанавливаются требования, предъявляемые к федеральным нормам и правилам, регулирующими обращение с РАО. В целях организации и обес-

печения безопасного и экономически эффективного обращения с РАО регламентируется создание единой государственной системы обращения с РАО, требования к захоронению РАО, к обеспечению безопасности пунктов их захоронения, к организациям, осуществляющим обращение с РАО. Предусматриваются требования к регистрации РАО и пунктов их хранения, включающей ведение реестра РАО и кадастра пунктов захоронения РАО. Устанавливаются организационно-правовые основы обращения с РАО и определяется сфера деятельности существующих органов государственного управления и государственного регулирования безопасности при обращении с РАО, а также общие требования, предъявляемые к организациям, в результате осуществления деятельности которых образуются РАО.

В Законе специально регулируется обращение с РАО, образовавшимися до дня вступления Закона в силу (в частности, в целях выявления наличия и объема РАО и установления условий их размещения осуществляются первичная регистрация РАО и определение мест их размещения), а также обращение с отдельными видами РАО и предусматриваются требования к отдельным видам деятельности по обращению с РАО.

Кроме того, данным Федеральным законом вносятся корреспондирующие изменения в федеральные законы «О естественных монополиях», «Об использовании атомной энергии», «Об охране окружающей среды», «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», а также в Градостроительный кодекс РФ и Водный кодекс РФ.

Установление данных норм как мер государственного регулирования отношений в области обращения с радиоактивными отходами необходимо в целях прекращения накопления радиоактивных отходов и прекращения практики создания пунктов временного хранения радиоактивных отходов. Необходимо переходить к практике окончательного решения вопросов обращения с радиоактивными отходами, т.е. практике захоронения таких радиоактивных отходов, с одновременным определением положения о том, что финансирование деятельности по обращению с радиоактивными отходами, в том числе их захоронения, осуществляется за счет средств организаций, в результате осуществления деятельности которых, образуются такие радиоактивные отходы.

Решение проблем с накопленными радиоактивными отходами потребует значительных финансовых вливаний и значительных временных ресурсов.

С целью повышения безопасности обращения с РАО и перехода от хранения к обязательному захоронению РАО создается Единая государственная система обращения с РАО (ЕГС РАО).

Важнейшими мероприятиями 2010 г., направленными на создание и внедрение правовых, финансовых и организационных основ ЕГС РАО и подготовки к развертыванию первоочередных объектов ее инфраструктуры, стали [4]:

- создание проектного офиса «Создание системы обращения с РАО»;
- реализация региональных исследований перспективных площадок размещения пунктов захоронения РАО;
- разработка пилотных проектов локальных стратегий обращения с РАО на ключевых предприятиях отрасли: ФГУП «ГХК», ФГУП «Маяк», ГНЦ РФ «ФЭИ», НВАЭС, ЛАЭС.

### **Образование РАО при выводе из эксплуатации АЭС**

Россия, как и остальные страны — члены «ядерного клуба», вступила в период массового вывода из эксплуатации (ВЭ) ядерных и радиационно-опасных объектов (ЯРОО). В ближайшие 15 лет должна быть решена судьба 20 атомных энергоблоков, 18 промышленных реакторов, свыше 50 ядерных исследовательских установок мощностью от нескольких кВт до 150 МВт, а также ряда крупных предприятий ЯТЦ.

В России в период с 2016 по 2020 гг. должны быть выведены из эксплуатации восемь энергоблоков (третий и четвертый блоки Нововоронежской АЭС, первые и вторые блоки Кольской, Билибинской и Ленинградской станций). Вывод из эксплуатации энергоблоков АЭС будет сопровождаться образованием большого количества РАО. Среди твердых радиоактивных отходов при выводе АЭС из эксплуатации можно выделить три группы отходов, характеризующихся большими объемами, различной активностью и рядом специфических свойств: металлические отходы; отходы строительных материалов; отходы, возникающие при демонтаже, связанные с разрушением защитных барьеров.

Активность конструкций выводимого из эксплуатации реактора ВВЭР-440 составляет ~ 2,5 млн Ки, в том числе активность внутрикорпусных устройств — 1,2 млн Ки. Масса реакторных конструкций и внутрикорпусных устройств составляет ~300 т [1].

Металлические отходы, образующиеся при демонтаже трубопроводов, арматуры и др., относятся к средне- и низкоактивным. Их активность определяется в основном продуктами коррозии и составляет от  $1 \cdot 10^{-8}$  до  $1 \cdot 10^{-4}$  Ки/кг. Кроме того, при выводе из эксплуатации блока с реактором ВВЭР-440 образуется ~14 тыс. т металлических и ~10 тыс. т загрязненного бетона и строительных конструкций.

Сложнее обстоит ситуация с ТРО при выводе из эксплуатации реакторов РБМК-1000. При демонтаже АЭС с реактором РБМК-1000 количество образующихся отходов, подлежащих захоронению, составляет около 100 тыс. т бетона и 10 тыс. т стали суммарной активностью 105 ТБк (2,8 млн Ки). Помимо металлических ТРО и отходов строительных конструкций, необходимо утилизировать 1700 т радиоактивного графита, технологии переработки которого в мире не существует [2].

К жидким радиоактивным отходам, образующимися при выводе энергоблоков АЭС из эксплуатации, относятся:

— растворы от дезактивации и отмывки оборудования и помещений — 25 тыс. м<sup>3</sup>;

— воды от опорожнения реакторных систем — 1000 м<sup>3</sup>;

— воды санпропускников, саншлюзов, спецпрачечных — 30 тыс. м<sup>3</sup>;

— пульпы перлита, ионообменных смол, шламы — 200 м<sup>3</sup>;

— кубовые остатки, конденсат с установок упарки ЖРО — 20 тыс. м<sup>3</sup>.

Данные отходы относятся к низкоактивным, удельная активность их основной массы составляет от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-4}$  Ки/л, а общий объем этой группы отходов составляет до 100 тыс. м<sup>3</sup>.



## Выводы

Превалирующий вклад в образование радиоактивных отходов вносят предприятия ядерно-топливного цикла. ТРО и ЖРО минерально-сырьевого комплекса содержат главным образом естественные радионуклиды рядов распада урана-238, тория-232 и урана-235. Эти РАО характеризуются самой большой массой в ядерно-топливном цикле, но соответствуют НАО, находятся в основном в открытых хранилищах (отвалы, хвостохранилища, отстойники), которые являются источником аэрозольно-пылевых, почвенных, гидрохимических ореолов радионуклида в концентрациях, превышающих нормативы.

Основная часть (как по количеству, так и по суммарной активности) высоко- и среднеактивных отходов сосредоточена в пунктах хранения, изолированных от окружающей среды.

Темпы переработки радиоактивных отходов в целом по-прежнему остаются низкими, и это ведет к их накоплению. Большое количество накопленных некондиционированных радиоактивных отходов, недостаточность технических средств для обеспечения безопасного обращения с ними, отсутствие надежных хранилищ для их длительного хранения (захоронения) повышают риск возникновения радиационных аварий и создают реальную угрозу радиоактивного загрязнения окружающей природной среды.

Принятие Федерального закона от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также дальнейшее совершенствование нормативно-законодательной базы в области обращения с РАО позволит перейти к практике окончательного решения вопросов обращения с радиоактивными отходами, т.е. практике захоронения.

При выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии будет образовываться большое количество РАО, обращение с которыми также будет требовать неотложных решений.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Енговатов И.А., Машкович В.П., Орлов Ю.В.* и др. Радиационная безопасность при выводе из эксплуатации реакторных установок гражданского и военного назначения. — М.: ПАИМС, 1999.
- [2] *Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С.* Вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии. — М.: НИПКЦ Восход-А, 2009.
- [3] *Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С.* Экологическая безопасность объектов использования атомной энергии. — М.: НИПКЦ Восход-А, 2010.
- [4] *Кузнецов В.М., Никитин В.С., Хвостова М.С.* Радиоэкология и радиационная безопасность (история, подходы, современное состояние). — М.: НИПКЦ Восход-А, 2011.
- [5] Отчет по безопасности. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». — М.: Комтехпринт, 2010.
- [6] *Росман Г.И., Быховский Л.З., Самсонов Б.Г.* Хранение и захоронение радиоактивных отходов (системный обзор) // Минеральное сырье. №15. — М.: ВИМС, 2004.

- [7] Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». — URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=116552>
- [8] *Шаталов В.В.* Анализ количественного состава и качественного состояния накопленных РАО // Бюллетень по атомной энергии. — 2002. — № 7.

## **THE MANAGEMENT WITH A RADIOACTIVE WASTE AT THE ENTERPRISES OF NUCLEAR BRANCH**

**M.S. Khvostova**

S.I. Vavilov Institute of the History of Natural Sciences and Technology  
Russian Academy of Sciences  
*Staropanski per., 1/5, Moscow, Russia, 109012*

In article the situation at management with a radioactive waste in Russia is analysed. The sources of formation of a radioactive waste, and also their structure and processing methods are presented.

**Key words:** radioactive waste, radiating safety, storage, processing, environment.