

# Энергетика И Безопасность

№ 21 2002

Издание IEER

## Разработка стандартов экологической очистки для защиты будущих поколений

*Научная основа сценария „фермер, ведущий натуральное хозяйство“, и его применение при расчете допустимого уровня загрязнения почвы радионуклидами для Роки-Флэтс*

Арджун МАКХИДЖАНИ  
и Шрирам ГОПАЛ

**О**бширные участки земли и огромные водные массы продолжают оставаться загрязненными опасными долгоживущими радиоактивными и нерадиоактивными загрязняющими веществами — отходами военных ядерных предприятий. Для поколения людей, ставших виновниками загрязнения, это уже представляет довольно серьезную проблему, а как можно обеспечить здоровье будущих поколений, запасы земли и воды, а также экосистемы на тысячи лет?

Природа этой проблемы такова, что для получения правильных результатов и одновременного обеспечения эффективности затрат необходимо чрезвычайно осторожно подходить к выбору научных инструментов оценки здоровья будущих поколений. При любом научном подходе необходимо учитывать исторический опыт, который говорит, что в системе государственных учреждений память о загрязнениях стирается за несколько десятилетий. Изменяются законы и нормы. Эволюционирует оценка риска влияния на здоровье определенных материалов и сочетаний материалов. В официальных



*“Наступление” городов на площадку эколого-технологического предприятия Роки-Флэтс (показано стрелкой). Площадка бывшего предприятия по производству ядерного оружия расположена в 15 милях северо-западнее Денвера (штат Колорадо), быстро разрастающегося столичного конгломерата. В радиусе 50 миль от этой площадки проживает более 2 миллионов человек, из них 300 000 живет на территории водораздела Роки-Флэтс.*

оценках за последние несколько десятилетий все чаще делается вывод, что опасность радиоактивного излучения на единицу воздействия на самом деле выше, чем предполагалось раньше. Вообще, стандарты охраны окружающей среды стали более строгими, а также возросла общественная поддержка мероприятий по охране окружающей среды.

Министерство энергетики США (МЭ) приступило к разработке стандартов по экологической очистке на своем предприятии по про-

См.: Очистка, с. 2  
Примечания, с. 7

Все предыдущие номера  
“Энергетики и Безопасности”  
можно найти в Интернете  
на сайте IEER  
<http://www.ieer.org/ensec/russmain.html>

### В БЮЛЛЕТЕНЕ

Сценарий “фермер — натуральное хозяйство”.....	8
COGEMA: выше закона?.....	10
Атомная задача.....	14
Рекомендации IEER.....	16

изводству ядерного оружия в Роки-Флэтс близ Денвера, штат Колорадо. Эти стандарты могут привести к тому, что на площадке останется беспрецедентно высокий уровень содержания плутония. При таком подходе МЭ люди в будущем могут подвергнуться опасному радиационному воздействию различными путями, например, при вдыхании плутония, который снова перейдет во взвешенное состояние, или других радиоактивных частиц во время сильного ветра, или при употреблении зараженной воды, которая может стать загрязненной как в результате водного стока в поверхностные воды, так и при переносе загрязняющих веществ в подземные воды при просачивании дождевой воды.

Институту исследований энергетики и окружающей среды (IEER) было поручено предоставить техническую помощь организации "Центр Роки-Маунтин за мир и справедливость" в Боулдере, штат Колорадо, с тем чтобы этот коллектив смог добиться обеспечения более высокого качества мероприятий по экологической очистке в Роки-Флэтс. В рамках этого задания IEER подготовил доклад *Разработка стандартов экологической очистки для защиты будущих поколений: Научная основа сценария "фермер, ведущий натуральное хозяйство", и его применение при расчете допустимого уровня загрязнения почвы радионуклидами для Роки-Флэтс* (декабрь 2001 г.)<sup>1</sup>. Данная статья основана на этом докладе. Библиография приведена в докладе, полный текст которого можно найти на английском на сайте IEER по адресу [www.ieer.org/reports/rocky/toc.html](http://www.ieer.org/reports/rocky/toc.html).

#### Подход на основе использования сценария "фермер, ведущий натуральное хозяйство"

Концепция защиты людей, которые будут жить в далеком будущем, должна строиться в предположении, что любой устанавливаемый сегодня контроль со стороны системы учреждений со временем будет терять свою силу, что память этих учреждений сотрется раньше, чем прекратится вредное воздействие загрязняющих веществ, и что может оказаться так, что люди будут жить на этой земле, возделывать ее, использовать воду из ее источников, не зная о ее загрязнении. Если можно выработать такую программу по экологической очистке или обращению с отходами, которая защитит фермеров, обеспечивающих себя за счет своего хозяйства, то тогда можно будет сделать вывод, что и остальное население также будет защищено. На этом основан подход к выработке стандартов по экологической очистке от радиации с использованием сценария "фермер, ведущий натуральное хозяйство".

Этот общий подход был разработан научными консультативными органами, в частности Международной комиссией по радиологической защите, а также такими правительственными ведомствами, как Комиссия по атомной энергии США и сменившее ее Министерство энергетики (МЭ). МЭ использовало этот подход в 1980-е гг. для оценки вариантов обращения с высокоактивными отходами на своей площадке в Хэнфорде.

Использование подхода, основанного на сценарии "фермер, ведущий натуральное хозяйство", для выработки стандартов научно обосновано, поскольку оно сводит к минимуму большое число неопределенностей (хотя и не все), связанных с расчетом воздействия загрязнения на здоровье людей в далеком будущем. Более подробную информацию о разработке, использовании и научном обосновании этого подхода можно найти на стр. 8—9.

## ЭНЕРГЕТИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ

"Энергетика и безопасность" — бюллетень, посвященный вопросам ядерного нераспространения, разоружения и энергетической безопасности. Публикуется четыре раза в год Институтом исследований энергетики и окружающей среды, находящимся по адресу:

Institute for Energy and Environmental Research  
6935 Laurel Avenue, Suite 204  
Takoma Park, MD 20912 USA  
Тел. 1-301-270-5500; факс 1-301-270-3029  
Электронная почта: [michele@ieer.org](mailto:michele@ieer.org)  
Адрес в Интернете: <http://www.ieer.org>

Институт исследований энергетики и окружающей среды (IEER) обеспечивает общественность и официальные лица надежными, ясными и глубокими исследованиями по широкому кругу вопросов. Целью IEER является привнесение научного анализа в деятельность общественности для демократизации и создания более здоровой окружающей среды.

#### Сотрудники IEER:

*Арджун Махиджани* — президент  
*Лиза Ледудж* — директор по внешним связям  
*Мишель Бойд* — координатор по международным связям, научный сотрудник  
*Энни Махиджани* — научный сотрудник  
*Шрирам Гопаль* — научный сотрудник  
*Луис Чалмерс* — заведующий библиотекой  
*Дайана Кон* — бухгалтер  
*Бетси Турно-Шилдс* — администратор

#### Благодарим наших спонсоров:

Выражаем благодарность нашим спонсорам, благодаря поддержке которых стало возможным осуществление нашего международного проекта:

W. Alton Jones Foundation, John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, Ford Foundation

#### Мы также благодарим других спонсоров IEER:

Public Welfare Foundation, John Merck Fund, NKN Foundation, Ploughshares Fund, Town Creek Foundation, Turner Foundation, New-Land Foundation, Stewart R. Mott Charitable Trust, Rockefeller Financial Services, Colombe Foundation

Мы также благодарим наших читателей, помогающих нашему Институту.  
Мы высоко ценим Вашу поддержку.

Дизайн: *Cutting Edge Graphics*  
Редактор английского издания: *Лиза Ледудж*

Русское издание:  
Ответственный: *Елена Коновалова*  
Научный консультант: *Олег Бухарин*

Весь тираж "Энергетики и безопасности" распространяется бесплатно

Мы приветствуем перепечатку материалов из этого бюллетеня с соответствующими ссылками. Мы будем признательны за копии тех изданий, в которых воспроизводятся наши статьи.

Выпуск 21 (vol. 10, no. 3) английского издания вышел в свет в мае 2002 г.

Адрес издательства:  
Издательство СО РАН  
Лицензия ЛР 020909 от 01.09.99  
630090, Новосибирск, 90, Морской пр., 2  
Тираж: 2500

Сценарий “фермер, ведущий натуральное хозяйство”, не только обоснован в целом, он также является обоснованным подходом для выработки стандартов по экологической очистке для площадки Роки-Флэтс. Так как коридор Денвер—Боулдер — это один их самых быстро растущих районов страны, постоянно возникает стремление разрабатывать новые участки свободной территории. Кроме того, по границе площадки расположены фермы, коммерческие предприятия и жилые дома. Хорошо продуманная научная основа сценария “фермер, ведущий натуральное хозяйство”, не зависит от того, для какого временного использования могут предназначаться конкретные площадки.

На сегодняшний день в некоторых официальных предложениях по обращению с радиоактивными отходами и экологической очистке загрязненных площадок подход “фермер, ведущий натуральное хозяйство”, отвергается. Это аргументируется тем, что если население не допускают к загрязненному участку, то необходимости в консервативных стандартах по экологической очистке не возникнет, так как никто не будет подвергаться вредному воздействию. Однако маловероятно, что контроль со стороны государственных учреждений и общественная память сохранятся достаточно долго, чтобы уберечь будущее поколение от излишнего вредного воздействия. Некоторые из загрязняющих веществ имеют период полураспада в тысячи лет.

#### Допустимый уровень загрязнения почвы радионуклидами на Роки-Флэтс<sup>2</sup>

С 1952 по 1989 г. предприятие на Роки-Флэтс производило плутониевые пилы для ядерного оружия США. Обычный режим работы и случившиеся аварии привели к загрязнению почвы и вод на территориях Роки-Флэтс плутонием, америцием и другими радионуклидами, а также нерадиоактивными токсичными веществами. Сейчас МЭ пытается очистить и закрыть некоторые площадки по производству ядерного оружия, и “флагманом” в этом ряду выступает площадка Роки-Флэтс. Закрытие Роки-Флэтс намечено на 2006 г.

Наиболее проблематичным загрязняющим веществом на Роки-Флэтс является плутоний (наряду с возникающим в процессе его распада америцием-241). Чтобы разрешить вопрос относительно содержания плутония в почве, МЭ и другие регулирующие органы установили для этой площадки допустимые уровни загрязнения почвы радионуклидами (ДУЗПР). ДУЗПР указывает, сколько радиоактивного материала может оставаться в почве. Когда количество радиоактивного материала в почве превышает ДУЗПР, необходимо принимать меры по удалению или сдерживанию этого вещества. Концентрации загрязняющих веществ ниже ДУЗПР не требуют никаких действий по очистке. Ни-

какое другое решение по экологической очистке Роки-Флэтс не имеет настолько протяженного во времени эффекта для здоровья человека и окружающей среды, чем решение, устанавливающее, сколько плутония может оставаться в почве.

В 1996 г. органы государственного управления на федеральном уровне и на уровне штата предложили норму ДУЗПР по плутонию на Роки-Флэтс в 651 пикокюри на грамм почвы (пКи/г) — уровень, который выше, чем допустимый уровень, принятый где-либо на других площадках, загрязненных плутонием. Кроме того, там будут накапливаться другие вторичные радионуклиды, главным образом, америций-241. (См. таблицу на с. 5, где даны примеры различных уровней остаточной радиоактивности в почве, предполагаемые или измеренные на разных площадках в том числе и площадках МЭ, а также суммарные дозы, рассчитанные с использованием различных сценариев.)

Введение этого ДУЗПР вызвало протесты общественности, и МЭ в конце концов согласилось профинансировать независимое научное исследование этого вопроса, которое было проведено компанией Risk Assessment Corporation (RAC). Отчет RAC можно найти на английском в Интернете по адресу [www.racteam.com/Experience/Projects/RSALS.htm](http://www.racteam.com/Experience/Projects/RSALS.htm).

ДУЗПР, рекомендованный группой RAC, составил для плутония приблизительно 35 пКи/г плюс в определенном соотношении америций-241. При оценке ДУЗПР на Роки-Флэтс RAC использовала сценарий “хозяйин ранчо, ведущий натуральное хозяйство”, как соответствующий местному варианту сценария “фермер, ведущий натуральное хозяйство”. В расчетах RAC использовался предельный уровень в 15 миллибэр (мбэр) годовой дозы (равный эффективной дозе из расчета на все тело).

Надо признать, что RAC подробно не рассматривала проблему предельных доз для подземных вод. И все же загрязнение почвы может служить источником загрязнения воды, которая в конце концов может быть использована для питья или полива. Таким образом, если условия площадки меняются, способствуя более быстрому переносу плутония, чем это предполагается в исследовании RAC (что не исключено, как показало недавнее правительственное исследование подвижности плутония в почве), то при таком анализе дозы, получаемые через подземные воды, могут недооцениваться<sup>3</sup>.

Учреждения, ответственные за экологическую очистку Роки-Флэтс, никогда официально не реагировали на эту рекомендацию. Вместо этого они проводили свои собственные исследования. Из-за этого возросла вероятность того, что явно или неявно результаты независимого исследования будут отвергнуты и, для того чтобы объявить эту площадку очищенной, снова могут быть предложены нестрогие стандарты ДУЗПР, особенно если учесть, что дата окончания работ намечена на 15 декабря 2006 г.

См.: Очистка, с. 4

**Ф**едеральные нормативы по качеству питьевой воды в отношении радионуклидов содержат вопиющие противоречия. В соответствии с положением 40 CFR 141<sup>1</sup> свода федеральных правил, допустимое суммарное загрязнение альфа-излучающими трансурановыми радионуклидами, такими как плутоний-238, плутоний-239 и америций-241, составляет до 15 пикоюри на литр (пКи/л).

В то же самое время по этим же нормативным документам предельная доза по большинству бета-излучающих радионуклидов (например, цезий-137 и йод-129) ограничена значением 4 миллибэр в год на критический орган. Предельно допустимая концентрация (ПДК) по питьевой воде не определяется, но ее можно рассчитать, используя коэффициенты пересчета для преобладающей дозы.

Получается, что если используемые в настоящее время коэффициенты преобразования дозы применить к альфа-излучающим трансурановым элементам, то доза воздействия на критический орган взрослого мужчины, который регулярно пьет воду, загрязненную плутонием-239/240 или америцием-241 в концентрации 15 пКи/л, будет приблизительно в 180 раз больше, чем 4 мбэр в год, что является предельно допустимой дозой (ПДД) для большинства бета-излучающих элементов. (Критическим органом для плутония и америция является костная поверхность.) Для того чтобы получить дозу по питьевой воде в 4 мбэр в год, достаточно, чтобы загрязнение плутонием-239/240 составило малую долю пикоюри. В случае нептуния-237 доза воздействия на организм, соответствующая загрязнению в 15 пКи/л, будет почти в 280 раз превышать дозу в 4 мбэр на костную поверхность<sup>2</sup>.

Штат Колорадо установил свой стандарт содержания плутония в поверхностной воде — 0,15 пКи/л. На Роки-Флэтс соблюдение этого стандарта контролируется на границе площадки вниз по течению реки, где средняя доза за 30-дневный период протекания рассчитывается по небольшим рекам, вытекающим с территории площадки. В 1997 г. на одной из рек, Уолнат Крик, средние дозы по двум отдельным 30-дневным периодам превышали эту норму.

МЭ предложило изменить стандарт штата Колорадо, увеличив период расчета средней дозы с одного месяца до более долгого срока. В то же время в многолетнем исследовании, которое проводил подрядчик этой площадки, компания Kaiser-Hill, а финансировало МЭ, был сделан вывод, что при экологической очистке до ДУЗПР в 10 пКи/л для большинства загрязненных районов вниз по течению от площадки 903 (наиболее загрязненной части предприятия Роки-Флэтс) требование к ПДК в 0,15 пКи/л соблюдаться не будет. С другой стороны, норма, соблюдение которой контролируется за 30-дневный период времени, при пересчете на год дала бы среднюю годовую дозу, которая в большинстве случаев была бы ниже 0,15 пКи/л.

Что касается плутония-239/240, если использовать ПДК штата Колорадо, это даст дозу приблизительно в 7 мбэр в год на костную поверхность, по сравнению с федеральной ПДД 4 мбэр в год для питьевой воды — стандарт, применяемый к большинству бета-излучающих элементов. Если бы норма для америция-241 или плутония-239/240 была установлена на уровне максимум 4 мбэр в год на костную поверхность, то среднегодовая максимально допустимая концентрация составляла бы 0,08 пКи/л (с округлением до первой значимой цифры). Если присутствует более чем одно загрязняющее вещество, этот показатель ПДК по каждому радионуклиду будет ниже.

Действующие на сегодняшний день федеральные нормы по качеству питьевой воды в отношении содержания плутония в сто раз менее строги, чем нормы чистоты поверхностных вод штата Колорадо. Нет никакого логического обоснования, почему федеральный стандарт по ПДД для трансурановых радионуклидов установлен достаточно высоким, и почему он настолько отличается от максимально допустимых доз по большинству радионуклидов.

<sup>1</sup> U.S. Environmental Protection Agency, *Code of Federal Regulations*, Title 40, Part 141, 7-1-00 Edition. Адрес в Интернете [www.epa.gov/safewater/regs.html](http://www.epa.gov/safewater/regs.html).

<sup>2</sup> Federal Guidance Report No. 11 (см. сноску 7 на с. 7).

#### Очистка со с. 3

От выполнения этой работы к назначенной дате зависит выплата подрядчику, компании Kaiser-Hill, “целевого гонорара” в 340 миллионов долларов. За каждый день опоздания эта сумма будет уменьшаться (до определенного минимума). И напротив, если этот проект будет закончен раньше и с более низкими, чем запланировано, затратами, то эта сумма будет увеличена до максимум 460 миллионов долларов<sup>4</sup>. Поскольку на начальном этапе реализации проекта ДУЗПР определены не были, исполнителю автоматически становится выгодно иметь менее строгие нормы.

#### Защита водных ресурсов

Анализ доз, получаемых через воду, показывает, что для защиты будущих поколений крайне важно производить расчеты, исходя из сценария “фермер, ведущий натуральное хозяйство”.

На данный момент уровень загрязнения грунтовых вод америцием-241 и плутонием-239/240, альфа-излучающими радионуклидами, на Роки-Флэтс в целом считается минимальным, поскольку он гораздо ниже нынешнего стандарта Агентства по охране окружающей среды (EPA) для трансурановых радионуклидов в 15 пКи/л<sup>5</sup>. Однако при этом не учитывается тот факт, что стандарты EPA для трансурановых радионуклидов гораздо более мягкие по сравнению с предельно допустимой дозой (ПДД), основанной на рисках для здоровья, в 4 мбэр в год из расчета на критический орган — стандарт, который применяется к большинству бета-излучателей.

На сегодняшний день предельные дозы по трансурановым радионуклидам (большинство из них — альфа-излучатели), при которых питьевая вода будет считаться безопасной, определяются иначе, чем по боль-

## ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ И СУММАРНЫЕ ДОЗЫ ПО РАЗНЫМ ПЛОЩАДКАМ И ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ

ПЛОЩАДКА	СЦЕНАРИЙ	Допустимый уровень загрязнения, пКи/Г		Доза при АУЗП, мбэр/год	
		Pu-239/240	Am-241	Pu-239/240	Am-241
Роки-Флэтс	Открытое пространство	9 906	1 283	15	15
	Служащий	1 088	209	15	15
	Будущий житель	252	38	15	15
	Будущий житель	1 429	215	85	85
Хэнфорд	Сельский житель	34	31	15	15
	Рабочий	245	210	15	15
Испытательный полигон в Неваде*	Сельский житель	162	13,2	10,7	1
	Хозяин ранчо	162	13,2	42,6	3,56
	Фермер	162	13,2	20,1	1,84
	Ребенок хозяина ранчо	162	13,2	16,7	1,61
	Рабочий	162	13,2	3,97	0,42
Атолл Джонсон	Житель (при вдыхании)	17	Неприменимо	20	Неприменимо
Маралинга	Житель (при вдыхании)	280	Неприменимо	500	Неприменимо
Паломарес	Житель (при вдыхании)	1 230	Неприменимо	100	Неприменимо

\* По Испытательному полигону в штате Невада дозы рассчитывались по предполагаемым концентрациям радионуклидов в почве. Они не являются истинными допустимыми уровнями загрязнения почвы.

Источник: *Final Report: Task 1: Cleanup Levels at Other Sites*. Radionuclide Soil Action Level Oversight Panel. (RAC Report No.6-RSALOP-RFSAL-1999-Final), Risk Assessment Corporation, April 1999.

Примечание: Рекомендованный IEER диапазон по допустимому уровню загрязнения почвы на Роки-Флэтс составляет от 1 до 10 пКи/г, при этом нижний предел диапазона рекомендуется тогда, когда учитывается режим водопользования.

### Очистка со с. 4

шинству бета-излучающих радионуклидов. Предельные дозы по альфа-излучающим трансурановым элементам ЕРА были установлены согласно методикам оценки доз 40-летней давности. При долгосрочном планировании логично будет предположить, что оценки предельных доз по трансурановым радионуклидам будут в конце концов приведены в соответствие с современными методами оценки доз<sup>6</sup> (более подробно о несоответствиях в нормативах по качеству питьевой воды в отношении радиоизотопов см. вставку на с. 4).

Как было объявлено, осенью 2000 г. на Роки-Флэтс уровень загрязнения грунтовых вод по америцию-241 составлял 0,0354 пКи/л. В этих пробах также содержался плутоний-239/240, 0,00624 пКи/л. Если сложить эти две величины, то сумма составит всего 0,3 % от установленной на сегодняшний день ПДД для питьевой воды. Но если кто-нибудь стал бы пить воду с такими концентрациями весь год, то, используя коэффициенты пересчета, которые сейчас ЕРА требует использовать при оценке опасной дозы<sup>7</sup>, доза на костную поверхность (критический орган<sup>8</sup> для этих радионуклидов) около 2,1 мбэр в год.

При предложенном РАС ДУЗПР по плутонию в 35 пКи/г, расчетная доза, получаемая через воду, будет составлять около 6 мбэр в год (эффективный эквивалент дозы из расчета на все тело). Соответствующая

доза на костную поверхность будет составлять около 110 мбэр в год. ДУЗПР, соответствующий предельной дозе в 4 мбэр в год только на костную поверхность, составит около 1,2 пКи/г, что почти в 30 раз ниже значения, рекомендованного сотрудниками РАС.

### Радиоактивный заказник

В начале 1990-х гг. МЭ начало сотрудничать с Агентством по охране окружающей среды (ЕРА) по разработке национальных стандартов экологической очистки, но внезапно в середине 1990-х гг. МЭ резко приостановило эту работу без какой бы то ни было перспективы ее возобновления. С тех пор МЭ стало проводить эту работу по каждому полигону отдельно. Это привело к тому, что появилось множество предложений по экологической очистке с использованием различных сценариев, среди которых одним из фаворитов МЭ и его подрядчиков стал сценарий заказчика.

Ожидается, что из более чем 130 площадок военного ядерного комплекса большая часть затрат по экологической очистке пойдет на пять площадок: Ок-Ридж в штате Теннесси, Хэнфорд в штате Вашингтон, Саванна-Ривер-Сайт в Южной Каролине на границе с Джорджией, Национальная инженерная и экологическая лаборатория в штате Айдахо и Роки-Флэтс. На этих же площадках сейчас предлагается устроить заказники.

См.: Очистка, с. 6

В декабре 2001 г. президент Буш своей подписью утвердил закон, по которому Роки-Флэтс становится Национальным заказником<sup>9</sup>. В этом законе говорится, что после экологической очистки площадки (как определено Соглашением по экологической очистке Роки-Флэтс) и ее закрытия она перейдет от МЭ в подчинение Министерству внутренних территорий.

При разработке ДУЗПР для Роки-Флэтс МЭ, ЕРА и Отдел здравоохранения и охраны окружающей среды штата Колорадо планируют использовать присвоенный ей статус “заказника”. А именно, эти организации намереваются рассчитывать ДУЗПР с использованием сценария “защита работника заказника”, который обеспечивает меньшую защиту, чем сценарий “фермер, ведущий натуральное хозяйство”. Ожидается, что они предложат свой вариант ДУЗПР осенью 2002 г. В течение 60 дней будут проходить его обсуждения, после чего будет принято окончательное решение.

Сторонники этого подхода доказывают, что если сделать площадку заказником, то фактический риск для населения, проживающего за пределами площадки, будет минимизирован за счет резкого ограничения доступа к ней. Они также доказывают, что программа экологической очистки МЭ очень дорога, неэффективна и приведет только к росту затрат, тогда как если объявить эту территорию заказником, это избавит МЭ от огромной работы по экологической очистке, а также поможет защитить естественные экосистемы, которые там прежде процветали. Они говорят, что, поскольку доступ населения к площадкам ядерных военных предприятий были в течение столь долгого времени полностью закрыты, эти площадки стали раем для эндемичных видов, которые в противном случае подверглись бы риску из-за буйного разрастания и вмешательства человека. (См., например, *From Waste To Wilderness*<sup>10</sup>.) Они также говорят, что в настоящее время еще нет высокой технологии для проведения экологической очистки на долгосрочный период и чтобы выполнить такую очистку, потребуются новые технологические разработки. Мы провели экспертизу этих аргументов, по крайней мере, в отношении Роки-Флэтс и пришли к выводу, что они не выдерживают критики.

То, что площадка переводится на статус заказника, с тем чтобы сохранить живую природу и уменьшить доступ людей к загрязненным районам в последующие годы, не имеет никакого отношения к тому, как оценивать дозы, которые люди получают в далеком будущем. Общественная память, как правило, коротка по сравнению с теми временными рамками, которые мы рассматриваем. Изменяются законы, изменяются формы землепользования. Роки-Флэтс уже является частью быстро растущего городского коридора Денвер—Боулдер, и заранее нельзя быть уверенным, что это открытое пространство не станет жертвой наступающего давления

развития, как это бывало в других местах. Поэтому статус заказника, который присваивается площадке, не должен служить основанием для суждения о том, как это место будет использоваться через несколько столетий.

Кроме того, предложения перевести загрязненные площадки на положение заказников не учитывают долговременного эволюционного воздействия на живую природу, увеличения органического вещества на этом месте, что может вызвать более быструю миграцию радионуклидов, и их сложные пути проникновения в человеческий организм вследствие взаимодействия живой природы и людей в плотно населенном районе. Наконец, в отношении ДУЗПР проблема отсутствия технологии является, по крайней мере, отчасти надуманной. Непонятно, почему нельзя удалить сильно загрязненную почву и поместить ее как радиоактивные отходы в хранилище с возможностью дальнейшего извлечения.

Охрана общественного здоровья путем ограничения доступа к площадке в лучшем случае может быть только временной мерой. Такой подход к охране общественного здоровья не может быть оправдан, если речь идет о многих десятилетиях, не говоря уже о сотнях или даже тысячах лет. Поэтому при установлении ДУЗПР не следует исходить из того, что Роки-Флэтс переводится на статус заказника.

#### Организационные вопросы и затраты

Со времени окончания холодной войны МЭ сделало уже немало для того, чтобы выявить сущность экологической проблемы, связанной с военным комплексом. Однако фактическое проведение экологической очистки всегда тормозилось из-за того, что МЭ не могло выработать стройную систему приоритетов. Много денег было потрачено зря не в связи с трудностью проведения экологической очистки, а из-за плохого управления, что является настоящим бедствием проектов МЭ. Как показало предыдущее детальное исследование по этому вопросу, выполненное IEER<sup>11</sup>, в основе проблемы лежит плохая организационная культура МЭ.

Часто в качестве аргумента, почему приходится устанавливать менее строгие стандарты, приводится фактор затрат. Однако исторически МЭ предпочитало использовать такие методы обращения с отходами, которые были удобны в краткосрочном плане, но в долгосрочном плане создавали гораздо более сложные проблемы по экологической очистке, требующие значительно больших затрат. Если не произвести работ по экологической очистке сразу, то загрязнение будет распространяться и посредством различных погодных явлений, и (это становится все более очевидным) через фауну, представители которой могут пересекать площадку, не оставаясь там надолго. Удобные решения кажутся дешевле сейчас, но они являются главной причиной того, что сегодня Соединенные Штаты сталки-

См.: Очистка, с. 7

ваются с огромными затратами по экологической очистке в своем военном ядерном комплексе.

Даже если хорошо продуманная и последовательная программа экологической очистки будет дорогостоящей, эти затраты надо рассматривать в контексте всех условий. По оценкам МЭ, частичное восстановление среды, обращение с отходами и их утилизация потребуют 227 миллиардов долларов в течение 75 лет. Это составит около 4 % от общей суммы в 5,5 триллионов долларов, которые Соединенные Штаты затратили с 1940 по 1996 г. на создание и развертывание ядерного оружия<sup>12</sup>. Более того, большая часть этих затрат шла фактически на обращение с опасными материалами и обеспечение защитных мер, обеспечение безопасности объектов и тому подобное — средства, которые пришлось бы затратить в любом случае. Фактические затраты на экологическую очистку могут составить порядка 1—2 % от той суммы, которая была потрачена на ядерное оружие в период холодной войны, даже если экологическая очистка будет производиться согласно строгим стандартам (если, конечно, деньги будут использованы разумно).

Участие в затратах на решение экологических проблем является важным принципом, который правительство стремится внедрить, устанавливая правила для частной промышленности. Для ядерной военной промышленности частью такого «участия в затратах» является установление строгих стандартов экологической очистки и их соблюдение. Важно, чтобы правительство устанавливало для себя такие же высокие стандарты, какие она ожидает от частного сектора, и чтобы оно делало это на основе долгосрочных критериев охраны здоровья населения.

## Рекомендации

Рекомендации IEER по установлению стандартов экологической очистки для защиты будущих поколений изложены на с. 16.



1. Работа частично финансировалась за счет гранта Фонда общественного наблюдения и технической помощи, предоставленного Центру Роки-Маунтин за мир и справедливость.
2. Некоторая информация, представленная в этом разделе, основана на заявлении ЛеРой Мора (Центр Роки-Флэтс за мир и справедли-

вость), сделанном на пресс-конференции IEER по докладу *Установление стандартов экологической очистки для защиты будущих поколений* 11 декабря 2001 г. Можно найти полный текст на английском в Интернете на сайте IEER по адресу [www.ieer.org/reports/rocky/lerstmt.html](http://www.ieer.org/reports/rocky/lerstmt.html).

3. Более подробно о миграции плутония см. полный текст отчета IEER на с. 25.
4. Переписка по электронной почте с Тодом Андерсоном, МЭ—Роки-Флэтс, 22 марта 2002 г., и контракт с компанией Kaiser-Hill № DE-AC34-00RF01904, с 1 февраля 2000 г. до закрытия площадки (15 декабря 2006 г.), в Интернете [www.rfets.gov](http://www.rfets.gov).
5. Термин «трансуранный» относится к элементам с атомным номером больше 92 (атомное число урана), которые являются в основном искусственными элементами.
6. Regulation Guide 13 EPA включает в себя более современные научные методы, но эти методы нельзя сравнивать напрямую. Если говорить в некотором приближении, ДУЗПР, рассчитанный по этим методам, составил бы примерно около 3 пКи/г по плутонию (Eckerman, et al., *Cancer Risk Coefficients for Environmental Exposure to Radionuclides*, Federal Guidance Report No. 13, EPA Report Number EPA-402-R-99-001, Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory, Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation and Indoor Air, 1999).
7. Federal Guidance Report No. 11: Eckerman et al., *Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion, and Ingestion*, (Spine title: *ALIs, DACs & Dose Conversion Factors*), EPA 520/1-88-020, Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory, Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs, September 1988. В Интернете на сайте EPA по адресу [www.epa.gov/radiation/assessment/pubs.html](http://www.epa.gov/radiation/assessment/pubs.html).
8. Критический орган — это орган, который благодаря своим химическим свойствам получает наибольшую дозу радионуклидов. Например, критический орган для плутония-239/240 и америция-241 — это костная поверхность. Доза, получаемая критическим органом, составляет лишь часть всей дозы, получаемой с воздухом при вдыхании или с пищей. Ограничение дозы воздействия на критический орган до определенного уровня является более эффективной защитой, чем использование показателя той же дозы из расчета на все тело. Другими словами, уровень загрязнения, при котором доза из расчета на все тело стала бы эквивалентна 4 миллибэр, в большинстве случаев значительно выше (включая плутоний и америций), чем уровень, при котором создается та же доза воздействия на критический орган.
9. The Rocky Flats National Wildlife Refuge Act of 2001, Title XXXI, Subtitle F of the National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2002 (Public Law No. 107-107).
10. Robert H. Nelson, *From Waste To Wilderness: Maintaining Biodiversity on Nuclear-Bomb-Building Sites*. Washington, DC: Competitive Enterprise Institute, 2001.
11. Marc Fioravanti and Arjun Makhijani, *Containing the Cold War Mess: Restructuring the Environmental Management of the U.S. Nuclear Weapons Complex*, Takoma Park, MD: Institute for Energy and Environmental Research, 1997.
12. Stephen I. Schwartz (ed.), *Atomic Audit: The Costs and Consequences of U.S. Nuclear Weapons Since 1940*. Washington, DC: Brookings Institution Press, 1998.

## ОТВЕТЫ АТОМНОЙ ЗАДАЧИ ЭБ № 20

- |   |   |
|---|---|
| 1. а. 24 миллиона баррелей.                           | 3. 25 процентов.  |
| б. 30 миллионов баррелей.                             | 4. Иран.  |
| в. 6 миллионов баррелей.                              | 5. Верно.   |
| 2. а. 100 миллиардов долларов ВВП на квадриллион БТЕ. | 6. Алжир, Индонезия, Иран, Ирак, Кувейт, Ливия, Нигерия, Катар, Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты и Венесуэла. |
| б. 87 миллиардов долларов ВВП на квадриллион БТЕ.     |   |
| в. 117 миллиардов долларов ВВП на квадриллион БТЕ.    |   |



## Сценарий “фермер, ведущий натуральное хозяйство”:

*Разработка, использование и научная основа*

**О**сновой научного подхода к проблеме защиты от радиационного воздействия было и остается установление максимальных уровней предельно допустимого воздействия на людей, подвергающихся наибольшему риску от искусственных источников излучения. Вначале радиационные нормы устанавливались в контексте охраны здоровья работников в таких сферах как медицинская рентгенография, окрашивание радиевых циферблатов, а также сотрудников Манхэттенского проекта. Доза облучения персонала измеряется прямо или косвенно с помощью плоского пленочного дозиметра, проведения анализов мочи и других методов (сводные данные по нормативам в отношении допустимых доз, получаемых работниками, можно прочесть в ЭБ, № 15, 2001 г.).

Для населения, не связанного с работой на ядерных предприятиях, такой защитной профилактики не ведется. Поэтому были разработаны консервативные подходы к расчету доз, получаемых людьми, проживающими за территорией объекта, которые в большинстве случаев также служат для установления предельно допустимой коллективной дозы. В конце 1950-х — начале 1960-х гг. Комиссия по атомной энергии, предшественница Министерства энергетики США (МЭ), разработала первые нормативы, предназначенные для защиты населения, проживающего за территорией объектов. Со временем установление максимальных уровней предельно допустимых концентраций радионуклидов на границах площадок (с тем чтобы гипотетический человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию, не получил дозу свыше определенного уровня) стало обычной практикой. Для расчета доз долговременного воздействия была также создана концепция “критической группы”.

**Человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию**, — это гипотетический человек, который находится вне объекта (обычно на границе площадки или около нее) и который получает максимальную дозу в результате деятельности этого объекта. Концепция понятия “человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию” явно присутствовала в нормативах США уже с конца 1960-х гг. и сейчас лежит в основе действующих нор-

мативов по радиационной защите населения, проживающего в настоящее время.

**Критическая группа** — это небольшая однородная группа обычного населения с определенными характеристиками, такими как образ жизни или питание, которые могут приводить к тому, что эти люди будут получать более высокие дозы излучения по сравнению с остальным населением. На практике человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию, — это один из членов критической группы, который получает самые высокие дозы облучения по сравнению с другими членами группы и, следовательно, по сравнению со всем остальным населением.

Критическая группа и человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию, — это необходимые статистические понятия, и они не охватывают все возможные непредвиденные случаи. Однако они являются инструментом, который может с высокой степенью вероятности предотвратить радиационное воздействие на обычное население, превышающее установленные нормативы (подробнее об этих понятиях см. вставку на с. 10).

**Сценарий “фермер, ведущий натуральное хозяйство”**, был разработан в дополнение к понятию “человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию”, для ситуаций, когда в результате загрязнения или мероприятий по утилизации отходов будущие поколения могут подвергнуться риску раковых и других заболеваний. Когда непонятно, каким путем в основном будет происходить воздействие в течение длительных периодов времени, для расчета риска или уровня допустимых радиационных доз обычно используется сценарий “фермер, ведущее натуральное хозяйство”. Если по оценкам прогнозируемая доза и риск для фермера, ведущего натуральное хозяйство, с большой вероятностью будут ниже допустимых предельных уровней, тогда можно предположить, что и остальное население будет также защищено.

Выбор сценария экологической очистки не может разрешить все неопределенности — какими станут в будущем образ жизни, питание, структура расселения, правила землепользования, климат, нормы по охране окружающей среды, оценки риска загрязнения, полез-



ность определенных ресурсов — но некоторым образом их можно учесть, сделав нормативы по экологической очистке относительно устойчивыми к возможным изменениям. Соответственно, подход, основанный на сценарии “фермер, ведущий натуральное хозяйство”, предполагает, что память государственных учреждений о загрязнении будет утеряна и некоторые люди по неведению будут употреблять зараженную воду для питья и для выращивания всех продуктов своего питания. Кроме того, он предполагает, что такое радиационное воздействие будет продолжаться всю жизнь, а не только несколько лет. Этот подход консервативен в том, что там есть несколько предположений относительно образа жизни людей в будущем, при котором радиационное воздействие станет значительно выше. Тогда оставшиеся неопределенности заключаются в параметрах, выбираемых для моделирования будущих доз, связанных, например, с климатом и гидрологией, а также с подвижностью загрязнений в окружающей среде.

Совершенно не исключено, что значительное число людей в будущем захотят быть фермерами, полностью обеспечивающими себя сами, или чем-то вроде этого, что может произойти даже в контексте быстрой урбанизации населения. Действительно, вполне можно себе представить такие экономические, социальные и технологические условия, при которых значительная доля населения в будущем будет сама выращивать для себя большую часть продуктов или приобретать их где-нибудь поблизости.

Предположение, что риск для всех представителей населения будет ниже риска гипотетического фермера, ведущего натуральное хозяйство, является оценкой, которая с некоторой неизвестной, но малой вероятностью, может оказаться неверным. Например, при этом подходе предполагается, что пищевой рацион, а также забор воды и потребление пищи в будущем будут такими же, как сегодня. Обычно исключают экстремальный пищевой рацион, состоящий полностью из наиболее загрязненных продуктов. И хотя возможность таких пищевых рационов полностью исключить нельзя, но до тех пор, пока не появятся какие-либо доказательства обратного, они вполне логично могут считаться невозможными.

Сценарий фермера, ведущего натуральное хозяйство, имеет убедительную историю. МЭ использует подобную модель в своих анализах допустимых уровней остаточного загрязнения начиная с 1980-х гг. В проекте Якка-Маунтин в прошлом на основе этого

сценария рассчитывались дозы облучения будущих поколений. Комиссия по ядерному регулированию США и проекты на Опытном предприятии по изоляции отходов (WIPP) и в Национальной лаборатории Сандия также использовали сценарий фермера, ведущего натуральное хозяйство, или его варианты. С точки зрения нормативной базы, Агентство по охране окружающей среды США использовало этот подход при установлении нормативов Суперфонда. Этот сценарий получил широкое международное признание: он использовался в Великобритании, Швеции, Финляндии, Норвегии, Швейцарии и других странах. Он также согласуется с рекомендациями Международной комиссии по радиационной защите (цитаты и библиографии см. в отчете IEER).

Единственное возражение, которое можно было выдвинуть против сценария фермера, ведущего натуральное хозяйство, это то, что он слишком строг применительно к предложенным площадкам хранилищ с захоронением в геологических формациях, таким как Якка-Маунтин, или ядерных предприятий, таким как Роки-Флэтс. Однако это слабый аргумент. В отношении Якка-Маунтин было показано, что проект хранилища, принятый МЭ, в будущем не сможет соответствовать установленным требованиям к пределам эксплуатационной безопасности. Он не смог бы соответствовать и ныне установленным предельно допустимым концентрациям (ПДК) для питьевой воды вблизи хранилища. Это не значит, что сценарий фермера, ведущего натуральное хозяйство, слишком строг, а скорее, что месторасположение и конструкция хранилища выбраны неудачно.

Итак, сценарий фермера, ведущего натуральное хозяйство, является консервативным, строгим и практически обязательным подходом при расчетах нормативных предельно допустимых доз в будущем. Он дает разумную, научно и исторически обоснованную основу, которая устойчива к широкому кругу будущих неопределенностей.



Эта статья составлена на основе отчета IEER *Setting Cleanup Standards to Protect Future Generations: The Scientific Basis of Subsistence Farmer Scenario and Its Application to the Estimation of Radionuclide Soil Action Levels (RSALs) for Rocky Flats* (декабрь 2001). Библиографию можно найти на английском в отчете, размещенном в Интернете на сайте IEER по адресу [www.ieer.org/reports/rocky/toc.html](http://www.ieer.org/reports/rocky/toc.html).

# COGEMA: Выше закона?

Некоторые факты о компании-учредителе американской корпорации, созданной для обработки плутония в Южной Каролине

Анни МАКХИДЖАНИ,  
Линда ГЮНТЕР<sup>1</sup>,  
Арджун МАКХИДЖАНИ

*"Проведение в жизнь [французского закона о ядерных отходах] сталкивается с сопротивлением технократической структуры [COGEMA], которая считает, что она стоит выше закона".*

— Кристиан Батай, депутат французского парламента, автор французского закона по обращению с ядерными отходами<sup>2</sup>.

*"Каково бы ни было их поведение по вопросам соблюдения нормативных требований в Европе — хорошим, плохим или нейтральным, — оно не повлияет на наши решения".*

— Мелани Галлоуэй, руководитель отдела по обогащению урана Комиссии по ядерному регулированию США, в отношении COGEMA<sup>3</sup>.

**А**мериканская компания COGEMA Inc., дочерняя компания французской корпорации COGEMA, была учреждена с целью обработки излишков американского военного плутония в плутониевое топливо для американских гражданских реакторов. Министерство энергетики США (МЭ) заключило контракт на проектирование предприятия с консорциумом, в котором COGEMA Inc. является единственной компанией с опытом производства плутониевого топлива. Это топливо будет представлять собой

смесь оксида урана и оксида плутония (полученного из военного плутония), которое имеет техническое название "смешанное оксидное топливо" или MOX.

До сих пор COGEMA Inc. занималась только производством MOX из плутония, полученного из отработанного топлива гражданских реакторов. (Пока еще ни одна компания не производила топлива из военного плутония в промышленном масштабе.) Однако, благодаря ее компании-учредителю — французской COGEMA (Compagnie Generale des Matieres Nucleaires) — COGEMA Inc. была признана достаточно компетентной для выполнения заказа МЭ. COGEMA является крупнейшей компанией в мире по коммерческому репроцессингу ядерного топлива и коммерческому производству MOX-топлива.

Поскольку основой для принятия решения об участии в консорциуме дочерней американской компании является опыт и компетенция ее французской компании-учредителя, то IEER считает, что поведение компании-учредителя во всех аспектах имеет непосредственное отношение к деятельности ее дочерней компании. Позиция американской Комиссии по ядерному регулированию (NRC) заключается в том, что американский филиал должен соблюдать американские законы, выполнять процедуры, предусмотренные контрак-

См.: COGEMA, с. 11  
Примечания, с. 13, 16

## Человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию, попадает в критическую группу

При расчете дозы радиационного воздействия на будущие поколения и разработке стандартов экологической очистки (или стандартов, устанавливающих требования к рабочим характеристикам хранилища) определяется **критическая группа**, в качестве которой берется небольшая однородная группа людей. Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) в публикации 46 (1985) определяет критическую группу следующим образом:

Когда реальную группу определить невозможно, надо рассматривать гипотетическую группу или репрезентативного индивида, которые по своему местонахождению и времени пребывания могли бы получить наивысшую дозу. Привычки и характеристики этой группы должны основываться на современных знаниях, с использованием осторожных, но обоснованных, предположений. Например, критической группой могла бы стать группа людей, проживающих на территории рядом с хранилищем и получающих воду из близлежащего водоносного слоя. Поскольку фактические дозы, получаемые всем населением, будут представлять собой некоторое распределение, в котором максимум придется на критическую группу, то основной целью этой процедуры является гарантия, что ни одна индивидуальная доза не окажется неприемлемо высокой.

По рекомендации МКРЗ, критические группы должны быть небольшие, с тем чтобы они были однородны, и состоять из "вплоть до нескольких десятков человек". Это может быть даже один человек. В этом особом случае критическая группа полностью совпадает с понятием гипотетический человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию.

В особом случае критическую группу, возможно, удобно будет определять через одного гипотетического человека, например, если речь идет об условиях отдаленного будущего, которые невозможно охарактеризовать детально. [Курсив наш.] (ICRP Publication 43, 1984 г.)

том с МЭ, и подчиняться требованиям NRC<sup>4</sup>. Все это, однако, можно рассматривать как слабое утешение<sup>5</sup>.

Если компетенция французской компании-учредителя имеет значение для заключения контракта с ее американской дочерней компанией, тогда и факты соблюдения компанией медицинских, экологических и нормативных требований имеют значение для ее деятельности в США. Если компания-учредитель в своих действиях пренебрегает необходимостью соблюдения французских законов и норм, если она игнорирует научные обоснования правил радиационной защиты, признанных во всем мире, то какие у нас есть основания полагать, что и дочерняя компания не будет вести себя подобным образом? Этот вопрос, по меньшей мере, заслуживает изучения, особенно в свете событий во Франции, где дела зашли так далеко, что Кристиан Баттай — один из ведущих депутатов французского парламента, поддерживающий французскую атомную промышленность, автор французского закона о ядерных отходах — в конце концов заявил, что COGEMA поставила себя выше выдвинутого им закона, по крайней мере в отношении духа этого закона.

Подобные опасения возникают не только у нас. Они появляются у многих других людей; а сенатор от Южной Каролины Фил Левентис выразил свою озабоченность в письме к сенатору США Сторму Тэрмонду следующим образом:

Хотим ли мы, чтобы в нашем штате действовала компания, которая позволяет себе пренебрегать законом? Хотим ли мы, чтобы в нашем штате действовала компания, столь долго уклонявшаяся от своих обязательств перед судьей, что он был вынужден явиться в ее главный офис в сопровождении полиции? Лично я — нет<sup>6</sup>.

#### Деятельность COGEMA по репроцессингу во Франции

В результате технологических операций по гражданскому репроцессингу, с целью выделения плутония из французского и иностранного отработанного топлива, COGEMA ежегодно сбрасывает в Ла-Манш сотни миллионов литров радиоактивных жидких отходов. А именно, в 1996 г. в море было сброшено 500 миллионов литров с общей радиоактивностью 285 тысяч кюри<sup>7</sup>. Принадлежащее COGEMA предприятие по гражданскому репроцессингу (состоящее из двух больших заводов) расположено в Ла Хаге, в Нормандии.

Средняя концентрация радиоактивности в жидких сбросах составляет около 570 микрокюри на грамм, что вполне соответствует определению низкорadioактивных отходов. Если бы эта жидкость находилась в контейнере, то в соответствии с требованиями Отдела транспорта США на ее перевозку потребовалось бы специальное разрешение, поскольку ее радиоактивность значительно превышает два нанокюри на грамм — пре-

дельный уровень, начиная с которого отходы причисляются к разряду радиоактивных отходов<sup>8</sup>.

Если бы эту вытекающую из трубы жидкость поместили в контейнер и сбросили в океан, то это являлось бы нарушением конвенции ОСПАР (см. вставку на с. 12) от 1992 г., согласно которой “сбросы [в океаны] низко- и среднерadioактивных веществ, в том числе отходов, запрещены”<sup>9</sup>. Однако, хотя Франция и Великобритания подписали это соглашение, на момент его подписания им была предоставлена лазейка, позволявшая им продолжать сбросы радиоактивных отходов в море.

Эта лазейка позволила COGEMA и ее британскому партнеру BNFL (British Nuclear Fuels Limited) пользоваться юридической фикцией, согласно которой жидкие отходы, выбрасываемые через трубу, не являются низкорadioактивными отходами. Это юридическое “колдовство”, конечно, не меняет физической и экологической реальности в европейских морях, а именно эта реальность лежит в основе затянувшейся борьбы между большинством партий, подписавших ОСПАР, с одной стороны, и COGEMA, BNFL и французским и британским правительствами, с другой. (BNFL полностью принадлежит британскому правительству. COGEMA представляет собой часть нового гигантского конгломерата, AREVA, имеющего широкие интересы в ядерной энергетике, коммуникациях и других видах бизнеса, и более 85 % находится в собственности различных французских правительственных структур.)

В июле 1998 г. страны-участницы ОСПАР срочно рассмотрели вопрос о выбросе жидких отходов. Тогда комиссия приняла следующую стратегию:

К 2020 г. мы обеспечим сокращение выбросов радиоактивных веществ в воду, в воздух и их потерь до уровня, при котором дополнительные концентрации в морях, являющиеся следствием этих выбросов, будут близки к нулю по сравнению с историческим уровнем<sup>10</sup>.

Это заявление все еще оставляло небольшую лазейку. Когда стало появляться все больше свидетельств того, что радиоактивность, возникающая в результате деятельности по репроцессингу COGEMA и BNFL, распространяется далеко в глубь океанов вплоть до Арктики, на заседании ОСПАР 2000 г. эти лазейки были устранены. В июне того года было решено:

... 12 стран приняли на себя обязательства о сокращении и прекращении выбросов радиоактивных веществ в воду, воздух и их потерь, особенно в результате репроцессинга ядерного топлива. Для этого необходимо срочно пересмотреть принятые нормы в отношении выбросов радиоактивных веществ в воду и воздух с предприятий по репроцессингу, с целью внедрения технологии обращения с отработанным ядерным

топливом, не включающей репроцессинг, и принять профилактические меры против загрязнения в результате аварий. Поскольку Франция и Великобритания воздержались, они не несут обязательств по этому соглашению<sup>11</sup>.

Решения ОСПАР накладывают обязательства только на те страны, которые проголосовали за эти решения. Поскольку французское и британское правительства воздержались, то по этим решениям они обязательств не несут. Однако, чтобы успокоить настойчивые требования 12 европейских стран и при этом фактически не прекращать свои выбросы, COGEMA приняла политику “нулевого воздействия” на окружающую среду, заменив ею политику нулевых выбросов. Сам по себе этот факт еще не поставил бы COGEMA выше закона, поскольку эта компания могла свободно продолжать загрязнять европейские воды, благодаря тому, что французское правительство воздержалось при голосовании. Но COGEMA пошла гораздо дальше. Она взяла в свои руки науку, лежащую в основе радиационной защиты, проигнорировав тем самым все признанные регулирующие органы, занимающиеся радиационной защитой.

#### COGEMA становится арбитром науки и законодательства

В ответ на требования ОСПАР о нулевых выбросах COGEMA объявила, что она будет стремиться к “нулевого воздействию”, и сделала следующее заявление:

COGEMA взяла на себя обязательство, что воздействие от деятельности COGEMA в Ла Хаге никогда не превысит пороговой дозы в 30 микрозиверт в год на среднестатистического человека, независимо от используемой технологии обработки или типа обрабатываемого материала. Эксперты считают, что этот уровень равносителен “нулевому воздействию”, что является рабочим переводом концепции нулевого выброса<sup>12</sup>.

Таким образом, COGEMA недвусмысленно заявляет, что радиационные дозы, не превышающие порогового значения 3 миллизиверта (30 микрозиверт) в год, не

оказывают никакого воздействия. В подтверждение этого приводится мнение анонимных “экспертов”. Однако американские и международные научные консультативные учреждения и регулирующие органы неоднократно выступали против идеи порогового значения в отношении радиационного вреда. Как и в Европе, в США принцип радиационной защиты всегда состоял и продолжает состоять в том, что любое увеличение дозы радиационного облучения приводит к пропорциональному увеличению риска раковых заболеваний. Этот принцип получил название линейной беспороговой гипотезы. Не все в промышленности и в академических кругах согласны с этими основными научными учреждениями и нормативными документами, поскольку в отношении точной величины риска существует значительная неопределенность (и разногласие). Однако во всех научных исследованиях признанных учреждений ученые пришли к одному и тому же выводу — принятая гипотеза о том, что доза пропорциональна риску, является наиболее приемлемой, как с точки зрения науки, так и с точки зрения правовых норм.

Последнее заключение по этому поводу сделал американский Центр по контролю и профилактике заболеваний (CDC). В его августовском докладе 2001 г. было сказано, что исходя из “выводов и результатов национальных и международных экспертных групп [...] Данные не указывают на существование порогового значения, ниже которого нет повышенного риска”. В нем даже было сказано: “Некоторые думают, что возможно существует пороговое значение, т. е. величина дозы, ниже которой риск отсутствует, хотя, как отмечалось ранее, эта гипотеза не подтверждается имеющимися в настоящее время данными”<sup>13</sup>. [Курсив наш.] Отчет CDC был направлен на рассмотрение Национальной академии наук США.

В соответствии с нынешними нормативами США, доза в 30 микрозиверт (3 мбэр) определенно не может считаться нулевым воздействием. Например, в США существуют нормативы для питьевой воды, определяющие предельную дозу воздействия от различных радионуклидов, получаемую критическим органом при потреблении загрязненной воды. Для большинства радионуклидов с бета-излучением, таких как йод-129, их концентрация в питьевой воде не должна превышать уровня, соответствующего дозе свыше 4 мбэр в год для критического органа. Для многих или даже для большинства радионуклидов это соответствует дозе меньше, чем 3 мбэр в год из расчета на все тело (хотя и не во всех случаях).

Рассмотрим, например, йод-129, критическим органом для которого является щитовидная железа. Весовой коэффициент по щитовидной железе составляет 3 %. Следовательно, доза 4 мбэр в год для щитовидной железы соответствует эффективной дозе около

ОСПАР		
Конвенция по охране морского пространства Северовосточной Атлантики (которую обычно называют “конвенция ОСПАР”, от сокращения Осло—Париж) была открыта к подписанию 22 сентября 1992 г. и вступила в силу 25 марта 1998 г. В конвенции ОСПАР — 16 Договаривающихся Сторон (т. е., Сторон, подписавших и ратифицировавших эту конвенцию):		
Бельгия	Исландия	Испания
Дания	Ирландия	Швеция
Европейский Союз	Люксембург	Швейцария
Финляндия	Нидерланды	Великобритания
Франция	Норвегия	
Германия	Португалия	
Источник: www.ospar.org (на 27 марта 2002 г.)		

0,12 мбэр в год из расчета на все тело. Если бы питьевая вода в США была загрязнена йодом-129 до такого уровня, что при ее потреблении человек получал бы дозу в 3 мбэр из расчета на все тело (т. е., на уровне “нулевого воздействия”, установленного COGEMA), то уровень загрязнения воды превышал бы допустимую концентрацию в 25 раз. Таким образом, то, что COGEMA сочтет “нулевым воздействием” в случае загрязнения воды йодом-129, будет грубейшим нарушением норм, принятых в отношении питьевой воды в США. (На с. 4 содержится информация о несоответствиях в положениях о концентрациях радионуклидов, содержащихся в американских нормативах по качеству питьевой воды.)

Поскольку требования в США и в Европе аналогичны, то утверждение COGEMA о “нулевом воздействии” радиации в 30 микрозиверт противоречит установленным нормам как Европейского Союза, так и Соединенных Штатов. Поскольку COGEMA не назвала имена экспертов, на которых она ссылается, то есть основания полагать, что эта компания просто привела мнение одного ученого, который оказался председателем МКРЗ (Международная комиссия по радиационной защите). Однако МКРЗ не приняла этой гипотезы. То, что COGEMA основывается на мнении одного ученого (которое, конечно, разделяют некоторые другие люди в промышленности и в академических кругах), когда признанные регулирующие и консультативные научные учреждения придерживаются противоположной точки зрения, означает, что COGEMA взяла в собственные руки науку и нормативы по радиационной защите.

В сущности, промышленная компания, — игнорируя цели подавляющего большинства европейских стран, мнение признанной науки и давно утвердившиеся нормативные системы, — просто объявила, что доза в 3 мбэр является нулевым воздействием. Присвоение компанией такой власти при отсутствии какого бы то ни было демократического или открытого научного процесса должно, по крайней мере, побудить правительство США сделать некоторую паузу, прежде чем позволить дочерней компании COGEMA Inc. работать с военным плутонием на территории американского предприятия по производству ядерного оружия.

Учитывая серьезную озабоченность многих людей, в том числе сенатора Левентиса, NRC давно уже должно было начаться расследование этого дела. Однако NRC высокомерно заявила, что ее не интересует, что делает компания-учредитель в Европе (см. цитату М. Галлоуэй на с. 10). Предоставляя право COGEMA на получение лицензии на деятельность в США, американское правительство полагается на компетентность и опыт работы этой компании в Европе. Но если компетентность имеет значение, то почему при этом не учитывается требование к культуре управления и поведения?

## Хранение иностранных ядерных отходов во Франции

Статья 3 французского закона об обращении с ядерными отходами объявляет незаконным хранение ядерных отходов иностранного происхождения на французской земле по истечении определенного срока после их переработки<sup>14</sup>. В этой формулировке неявно заложено, что хранение ввезенного из-за границы ядерного топлива является незаконным, если не предполагается его дальнейшая переработка, или если не получено или не делается попытка получить на это разрешение. Множество судебных процессов и протестов свидетельствуют о том, что действия COGEMA противоречат духу и букве закона — эта компания ввозит отработанное топливо без надлежащих контрактов на его переработку и очень долго не возвращает его назад. (Информацию об этих процессах можно найти в ЭБ, № 17, 2001 г., а также в Интернете на сайте IEER по адресу [www.ieer.org/ensec/no-17/no17russ/cogema.html](http://www.ieer.org/ensec/no-17/no17russ/cogema.html).)

Депутат парламента Кристиан Батай так высказался по поводу расследования, проведенного в ходе одного из судебных процессов против COGEMA:

Я снимаю шляпу перед этим молодым судьей, имевшим мужество настоять на исполнении закона. Тогда [во время утверждения закона] на меня оказывали всевозможное давление, чтобы Статья 3 не прошла. Она мешает заключению многих коммерческих контрактов, а COGEMA — это коммерческое предприятие. Сегодня проведение этого закона вступает в конфликт с технократической структурой, считающей, что она стоит выше закона<sup>15</sup>.



1. Линда Гюнтер — директор по связям с общественностью Коммуникационного совета по безопасной энергии, [www.safeenergy.org](http://www.safeenergy.org).
2. Matthieu Ecoiffier, La mise en examen de la Cogema, Un juge dans l'antre du nucléaire, *Liberation*, July 13, 1999. Статья 3 объявляет незаконным хранение во Франции ядерного топлива, ввезенного из других стран, по истечении определенного срока после его переработки.
3. Brandon Haddock, “Mox plan scrutinized by residents”, *Augusta Chronicle*, July 14, 2000, [www.augustachronicle.com/stories/071400/met\\_051-5368.000.shtml](http://www.augustachronicle.com/stories/071400/met_051-5368.000.shtml).
4. Там же.
5. См. различные материалы на английском по управлению экологической очисткой МЭ, на сайте IEER по адресу [www.ieer.org/webindex.html#waste](http://www.ieer.org/webindex.html#waste), также на сайте Союза Обеспокоенных Ученых ([www.ucsusa.org](http://www.ucsusa.org)), где приводится информация о неудовлетворительной деятельности NRC в отношении регулирования коммерческой ядерной промышленности. См., например, показания Дэвида Лохбаума, инженера по ядерной безопасности Союза Обеспокоенных Ученых, которые он дал подкомитетам по чистому воздуху, заболоченным землям, частной собственности и ядерной безопасности Комитета по общественным и экологическим вопросам Сената США (8 мая 2001 г.), а также подкомитетам по энергии и энергетике Комитета по торговле Палаты представителей США (8 июня 2000 г.). См. также статью Лохбаума “Исследования риска на атомных электростанциях: удручающее качество”, ЭБ, № 15, 2001 г., в Интернете на сайте IEER по адресу [www.ieer.org/ensec/no-15/no15russ/nrcrisk.html](http://www.ieer.org/ensec/no-15/no15russ/nrcrisk.html).

См.: COGEMA, с. 16



Плутоний является альфа-излучающим элементом. В Своде федеральных нормативов США, а именно в разделе 40 CFR 141.15, устанавливается предельно допустимая концентрация (ПДК) содержания загрязняющего вещества по активности альфа-частиц в целом в питьевой воде, равная 15 пикокюри на литр (пКи/л). В следующем разделе 40 CFR 141.16 устанавливается предельно допустимая доза в 4 миллибэр (мбэр) в год для большинства бета-излучающих радионуклидов, попадающих через питьевую воду. Расчет содержания этих двух радионуклидов, при котором будет создаваться предельно допустимая доза (ПДК) в 4 мбэр, основан на коэффициенте преобразования дозы, которые впервые были опубликованы в 1963 г. Национальным бюро стандартов<sup>1</sup>. Коэффициенты преобразования дозы были обновлены в 1988 г. и опубликованы в документе Агентства по охране окружающей среды (EPA), называемом Regulation Guide 11<sup>2</sup>, но ПДК по расчету активности альфа-частиц в целом в питьевой воде (15 пКи/л) до сих пор основан на старых коэффициентах преобразования дозы. Учитывая этот факт, решите следующую задачу:

1. а. В Regulation Guide 11 коэффициент преобразования дозы для взрослого человека по плутонию-239 на костную поверхность (в данном случае, на критический орган) составляет  $1,76 \times 10^{-5}$  зиверт на беккерель (Зв/Бк). Чему равен коэффициент преобразования дозы в миллибэр на пикокюри (мбэр/пКи), если  $1 \text{ Зв} = 10^5 \text{ мбэр}$ , а  $1 \text{ Бк} = 27 \text{ пКи}$ ?
- б. Если бы предельно допустимая концентрация (ПДК) для скважин с питьевой водой в соответствии с нормативами составляла 15 пКи/л, какую бы дозу получал человек на литр воды?
- в. В нормативах предельно допустимой дозы (ПДД) предполагается, что средний человек выпивает точно два литра воды в день. Если бы человек действительно выпивал столько воды, какую бы дозу он/она получил за год длиной в 365 дней?
- г. Во сколько раз это превышает ПДД 4 мбэр в год, зафиксированную в разделе 40 CFR 141.16?
- д. Чему должен быть равен ПДК содержания загрязняющего вещества по плутонию, чтобы выполнялось требование по ПДД 4 мбэр в год, установленной для большинства бета-излучающих радионуклидов? [Подсказка: используйте ответ задачи (г).]
- е. Какой вывод можно сделать из этого упражнения?
  1. Настоящая практика использования норматива для питьевой воды в 15 пКи/л, установленного для

альфа-излучающих радионуклидов (в данном случае для плутония) в разделе 40 CFR 141.15, не согласуется с нормативом в 4 мбэр в год, установленного для большинства бета-излучающих радионуклидов в разделе 40 CFR 141.16.

2. Взрослый человек, который выпивает установленное среднее ежедневное количество воды, содержащей плутоний в пределах нормативных ПДК 15 пКи/л, возможно, получит дозу намного выше, чем 4 мбэр в год, ПДД для большинства бета-излучающих радионуклидов.
3. Все выше перечисленное.



2. Верно или нет? В нормативно-правовой практике предполагается, что альфа-излучение наносит в 20 раз больше вреда на единицу энергии, поглощенной телом, чем бета-излучение. (Бонусный вопрос.)
3. Какая из предложенных моделей является наиболее консервативной для оценки доз облучения будущих поколений, если все остальные условия равны?
  - а) сценарий “работник заказчика”;
  - б) сценарий “служащий”;
  - в) сценарий “фермер, ведущий натуральное хозяйство”;
  - г) сценарий “взрослый молодой человек”.
4. Верно или нет? Человек, подвергающийся максимальному радиационному воздействию, не рассматривается как один из членов критической группы.

**Примечание.**

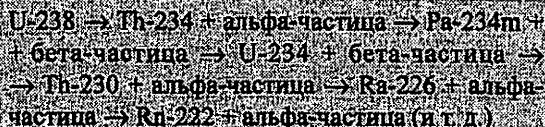
1. *Maximum Permissible Body Burdens and Maximum Permissible Concentration of Radionuclides in Air or Water for Occupational Exposure.* (Handbook 69), National Bureau of Standards, 1963.
2. *Federal Guidance Report No. 11: Eckerman et al., Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion, and Ingestion* (Spine title: *ALIs, DACs & Dose Conversion Factors*), EPA 520/1-88-020, Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory; Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs, September 1988. В Интернете на сайте EPA по адресу [www.epa.gov/radiation/assessment/pubs.html](http://www.epa.gov/radiation/assessment/pubs.html).

## Дорогой Арджун

Нужно ли при добыче урана беспокоиться по поводу радия? Если да, то почему?

Где преимущественно используется радий в настоящее время?

При добыче и обогащении урановой руды радий, особенно его изотоп радий-226 (Ra-226), вызывает серьезную тревогу. Радий-226 — один из элементов в цепочке распада урана-238 (U-238), поэтому он всегда содержится в урановой руде. Ниже приведена часть этой цепочки распада, начиная с урана-238 (в формулах используются стандартные химические символы):



Поскольку по химическим свойствам радий-226 похож на кальций, то, попадая в организм, он накапливается в костных тканях. Это долгоживущий элемент (его период полураспада составляет 1 600 лет). Как видно из приведенной выше схемы, радий-226 распадается, испуская альфа-частицу (представляющую собой ядро атома гелия-4), и превращается в газ радон-222 (Rn-222). Следовательно, где есть радий-226, там есть и радон (в том числе в урановых рудниках, обогатительных фабриках и вообще в земле). В результате просачивания радонового газа в подвальные помещения люди в некоторых районах мира (в том числе в некоторых районах Колорадо) получают значительную дозу излучения.

Альфа-частицы опасны только в том случае, если они испускаются внутри тела, поскольку снаружи они не могут проникнуть через верхний слой кожи. Однако радий-226 испускает еще и гамма-излучение, представляющее собой высокочастотное электромагнитное излучение (наподобие рентгеновских лучей). Такое излучение проникает в тело. Поэтому радий опасен не только при накоплении его в организме (куда он попадает с пищей, с дыханием или через раны), но и при простом контакте, в силу внешнего гамма-излучения. Кроме рака костей, радий вызывает такое заболевание, как анемия, поскольку он воздействует на костный мозг.

### Рудники

На рудничных площадках часто остается большое количество беспорядочно сваленной низкосодержащей руды, непригодной к использованию. Радий, уран и торий-230 (тоже продукт распада урана-238) — все они создают проблему. В западной части Соединенных Штатов, особенно на территории индейских резерваций или вблизи них, находится много загрязненных рудничных площадок. Однако законов, регламентирующих экологическую очистку рудничных площадок и защиту живущих рядом с ними людей, нет. Агентство по охране

окружающей среды США (EPA) начало разрабатывать стандартную схему регулирования этих загрязнений, но этот процесс был остановлен, главным образом под давлением Министерства энергетики США (к его площадкам также были бы предъявлены требования по экологической очистке).

### Обогатительные фабрики

На урановых обогатительных фабриках происходит отделение урана от нерадиоактивных и других радиоактивных материалов, содержащихся в руде. (Обычно уран составляет менее одного процента от общего количества руды, хотя бывают и более богатые руды, например, в Канаде). Остаточные материалы (так называемые “хвосты”) помещаются в отстойник-хвостохранилище. Именно туда попадают радий-226 и торий-230. Если отстойник-хвостохранилище сухой, то возникает риск попадания радия-226 и тория-230 в атмосферу. Дождь тоже активизирует перемещение радия, часть которого попадает в грунтовые воды и загрязняет их. В грунтовых водах есть природный радий, находящийся там естественным образом, но в районах обогащения вода может быть загрязнена очень сильно.

Сухие отстойники-хвостохранилища также испускают в атмосферу радоновый газ, и для окрестного населения полученная доза может быть весьма значительной. Для предотвращения выбросов радона отходы обогащения обычно держат под водой. Конечно, это приводит к повышенному проникновению радия в грунтовые воды. Согласно стандартам по обращению с отходами обогащения, дно отстойников необходимо выстилать подкладкой (из пластика) и в такие отстойники помещать хвосты обогащения. Однако вряд ли подобные меры предосторожности окажутся действенными на протяжении всего периода сохранения опасности, длительность которого в несколько раз превышает период полураспада тория-230, равного 75 тысячам лет.

Наконец, радием загрязняется почва вокруг урановых обогатительных фабрик. В этом случае действуют стандарты по экологической очистке, ограничивающие концентрацию радия не более чем 5 пикокюри на грамм вблизи поверхности и 15 пикокюри на грамм на глубине более 6 дюймов. Природный уровень содержания радия в почве составляет 1—3 пикокюри на грамм.

Проблемы с экологической очисткой территории от отходов радиевой промышленности появились еще в начале XX в. Эти отходы так и оставались на поверхности в течение всего столетия. Часть радиевых отходов отвезли на городские свалки, а потом на этих местах или рядом с ними стали строить дома. В некоторых частных владениях, расположенных вблизи радиевых заводов, также отмечался довольно высокий уровень загрязнения. Около многих нефтяных скважин, где добыча производилась вторичными методами, также есть участки, которые заражены радием-226.

См.: Радий, с. 16



## РЕКОМЕНДАЦИИ IEER

по установленным стандартам экологической очистки для защиты будущих поколений

- ▶ Министерство энергетики (МЭ) США должно отказаться от своей попытки использовать сценарий заказника в качестве основания для выработки допустимых уровней загрязнения почвы радионуклидами (ДУЗПР). В качестве основы для разработки программы экологической очистки во всем своем ядерном военном комплексе оно должно принять сценарий "фермер, ведущий натуральное хозяйство". Это — научно обоснованный подход, и вероятность того, что в случае возникновения проблем он в будущем приведет к ущербу, который может повлечь за собой страдания, потерю доверия и большие затраты, намного ниже.
- ▶ Даже если перевести Роки-Флэтс на статус заказника, допустимый уровень загрязнения почвы остаточной радиоактивностью следует определять на основании сценария "фермер, ведущий натуральное хозяйство", или "хозяин ранчо, ведущий натуральное хозяйство".
- ▶ Перевод Роки-Флэтс на статус заказника не должен служить прецедентом для других площадок или основанием для уменьшения затрат на экологическую очистку на других площадках по производству ядерного оружия МЭ.
- ▶ Следует провести тщательное исследование воздействия сильного остаточного загрязнения на живую природу. Надо также исследовать, насколько статус заказника может способствовать перемещению плутония в открытую для доступа среду, в том числе в грунтовые воды.
- ▶ ДУЗПР от 1 до 10 пикокюри плутония на грамм почвы нужно считать основанием для проведения програм-

мы экологической очистки Роки-Флэтс, независимо от того, будет ли эта территория объявлена заказником или нет. По нашей оценке, если учитывать дозы вследствие попадания радионуклидов через грунтовые воды, то больше будет подходить значение в интервале от 1 до 3 пикокюри на грамм. Если стандарт для поверхностной воды в 0,15 пикокюри плутония на литр, принятый сейчас в штате Колорадо, будет в будущем распространен и на грунтовые воды, то такой ДУЗПР будет также совместим с вытекающими из этого дозами. Следует отказаться от расчета ДУЗПР исходя из сценариев, связанных с объявлением площадок заказником.

- ▶ В задачи нашего доклада не входит определение шагов, которые следует предпринять для выработки окончательных ДУЗПР, и определение организационных мероприятий, которые необходимо осуществлять в промежутках. Но в любом плане в программе по экологической очистке должно быть указано, каким образом можно будет добиться соблюдения стандарта, установленного на основе сценария "фермер, ведущий натуральное хозяйство", или "хозяин ранчо, ведущий натуральное хозяйство", и каким образом промежуточные шаги будут связаны с достижением этой цели.

Полный список рекомендаций можно найти на английском в *Setting Cleanup Standards to Protect Future Generations: The Scientific Basis of Subsistence Farmer Scenario and Its Application to the Estimation of Radionuclide Soil Action Levels (RSALs) for Rocky Flats*, в Интернете на сайте IEER по адресу [www.ieer.org/reports/rocky/toc.html](http://www.ieer.org/reports/rocky/toc.html).

### COGEMA со с. 13

6. Письмо сенатора Фила П. Левентиса сенатору США Сторму Тэрмонду от 4 ноября 1999 г.
7. Michele Rivasi, Rapport sur les consequences des installations de stockage des dechets nucleaires sur la sante publique et l'environnement, Paris: Office Parlementaire d'Evaluation des Choix scientifiques et techniques, Paris: *Assemblee Nationale № 2257, Senat № 272*, March 2000, p. 104.
8. U. S. Department of Transportation, Code of Federal Regulations, Title 49, Part 173, Subpart I, "Radioactive Materials", 1992, p. 600.
9. Конвенция ОСПАР 1992 г., Приложение II — О предотвращении и устранении загрязнений путем затопления или сожжения, [www.ospar.org/eng/html/convention/ospar\\_conv3.htm](http://www.ospar.org/eng/html/convention/ospar_conv3.htm).
10. Там же.
11. "Further Protection for the North-East Atlantic", сообщение для прес-

сы, сделанное ОСПАР 30 июня 2000 г. и расположенное по адресу [www.ospar.org/eng/html/final OSPAR\\_2000pressrelease.htm](http://www.ospar.org/eng/html/final OSPAR_2000pressrelease.htm).

12. *COGEMA's commitment at the La Hague: zero impact on the environment* (без указания даты), на 21 марта, 2002 г., на Интернет по адресу [www.cogemalahague.fr/LaHague/Institution UK.nsf/Environnement/Engagement?OpenDocument](http://www.cogemalahague.fr/LaHague/Institution UK.nsf/Environnement/Engagement?OpenDocument).
13. *A Feasibility Study of the Health and Consequences to the American Population from Nuclear Weapons Tests Conducted by the United States and Other Nations, Volume 1 Technical Report, Predecisional Draft*, prepared for the U.S. Congress by the Department of Health and Human Services, Center for Disease Control & Prevention and the National Cancer Institute, August 2001, pages 131, 133, and 148.
14. Закон № 91-1381 от 30 декабря 1991 г. об исследованиях, относящихся к установлению норм обращения с отходами.
15. См. сноску 1.

### Радий со с. 15

#### Использование радия

В первой половине XX в., особенно в 1920-х гг., радий-226 использовался для окраски часовых циферблатов и приборов (например, циферблаты приборов самолетов), что придавало им фосфоресцирующий блеск. Работники, которые наносили радиевую краску на циферблаты, а это были молодые женщины, имели обыкновение лизать кончики своих кистей, чтобы сделать их более острыми и рисовать точнее. Они получили огромные дозы радиации, и многие умерли от рака костей. Это

привело к прекращению промышленного производства радиевых циферблатов и к появлению первых стандартов, ограничивающих внутренние дозы радиации.

В настоящее время радий используется в качестве источника нейтронов (для этого его смешивают с бериллием). В ограниченной степени он применяется при лечении раковых заболеваний. Лучевая терапия рака в настоящее время осуществляется в основном с использованием других изотопов, например кобальта-60, а для некоторых видов рака все чаще применяются мощные электронные ускорители, работающие без использования радиоактивных материалов.