

Энергетика и Безопасность

№ 19 2002

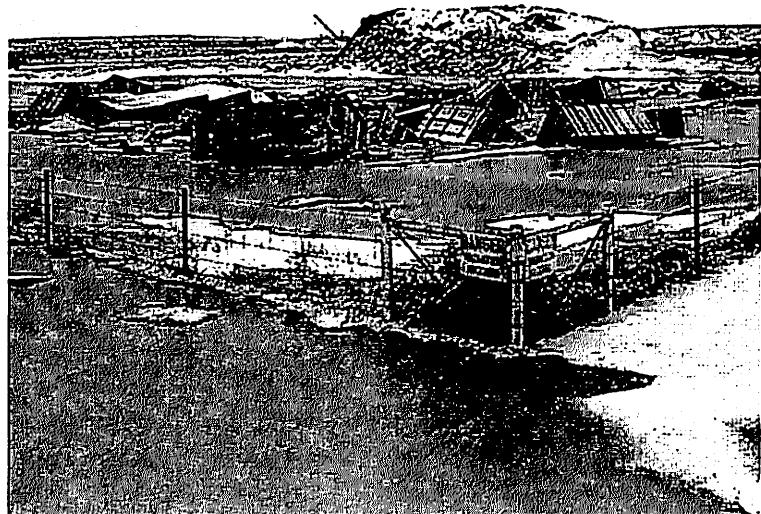
Издание IEER

Ядовитые вещества в зоне аэрации: угроза водоносному горизонту Снейк-Ривер-Плэйн в результате миграции ядерных отходов

Мишель БОЙД и
Аржун МАКХИДЖАНИ¹

Водоносный горизонт Снейк-Ривер-Плэйн является важнейшим резервуаром грунтовых вод в северо-западной части Соединенных Штатов. Управление по охране окружающей среды США присвоило этому водоносному горизонту статус "единственного источника", так как он служит единственным источником питьевой воды для 200 тысяч жителей южного Айдахо. Он также представляет собой основной источник поливной воды для местных сельскохозяйственных культур, в особенности для картофеля. Продукты, выращиваемые в Айдахо, потребляются на всей территории Соединенных Штатов и во многих других странах, в том числе в Японии, Канаде и Мексике. Форелевые фермы Айдахо, также основанные на использовании грунтовых вод, производят 75 % от общего количества коммерческой радужной форели, потребляемой в Соединенных Штатах. Объем водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн составляет примерно 2 500 трлн л воды.

Площадка Национальной инженерно-экологической лаборатории Айдахо (PNEEL) расположена как раз над этим водоносным горизонтом площадью более 2 300 км². В течение второй половины XX в. большое количество радиоактивных и опасных химических веществ было закачано непосредственно в водоносный горизонт, спущено в открытые водоемы и зарыто в неглубокие шахты и рвы на



SOURCE DOE

Ящики и бочки, свободно плавающие на поверхности воды весной 1969 г., когда пещечно известная Шахта 9 INEEL была затоплена в результате бурного таяния снега и сильных весенних дождей. Наводнения в этом районе были также в 1962 и 1982 гг. Впоследствии были построены насыпи и отводные каналы, но затопления по-прежнему иногда происходят.

территории INEEL. Это были отходы производства ядерного оружия в INEEL и других предприятий Соединенных Штатов. В них содержится более тонны плутония (что достаточно для производства более 200 атомных бомб), а также значительное количество радионуклидов, таких как стронций-90 и америций-241, и опасных нерадиоактивных веществ, таких как тетрахлорид углерода и трихлорэтилен (ТХЭ).

См.: Ядовитые вещества, с. 2
Примечания, с. 15

В БЮЛЛЕТЕНЬ

Рекомендации IEER.....	7
Точка зрения бывшего фермера из Айдахо.....	10
Испытательный полигон в штате Невада.....	12
Новые материалы на сайте IEER.....	16

Отходы с повышенной концентрацией плутония (как их теперь называют, "трансуранные отходы") были свалены в неглубокие шахты в расчете на то, что трансуранные радионуклиды не будут мигрировать или будут мигрировать очень медленно и достигнут водоносного горизонта через десятки тысяч лет. Уровень грунтовых вод проходит примерно в 600 футах ниже поверхности земли, где происходило захоронение отходов (так называемая "Приповерхностная зона захоронения отходов", SDA). Пробы плутония и америция на этой территории, а также лабораторные и теоретические исследования в течение последних двадцати пяти лет показали, что расчет был неверным. В результате миграции плутоний и америций могут достичь водоносного горизонта за десятки, а не за тысячи лет. На рис. 1 (ниже), взятом из доклада Национального научно-исследовательского совета Национальной академии наук, показано, как с середины 60-х до конца 90-х годов менялись оценки времени миграции плутония до водоносного горизонта.

В результате такой практики обращения с отходами воды на этой территории, в том числе значительное количество питьевой воды INEEL и водоносного горизонта, уже загрязнены — в некоторых случаях выше предельно допустимой концентрации (ПДК), установленной Управлением по охране окружающей среды США в соответствии с Законом о приемлемом качестве питьевой воды. В настоящее время эта вода не используется для питья, поэтому стандарты питьевой воды в качестве законной меры к ней неприменимы. Тем не менее, уровень загрязнения, превышающий стандарты питьевой воды, внушает опасения, поскольку свидетельствует о возможности загрязнения воды за пределами территории INEEL и ставит под сомнение возможность использования воды на этой территории в будущем. Участки водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн, лежа-

См.: Ядовитые вещества, с. 3

РИСУНОК 1. Изменение оценок времени миграции плутония через зону аэрации до водоносного горизонта Снейк-Ривер



Источник: NAS-NRC, 2000.

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. 1-301-270-3500; факс 1-301-270-3029
Электронная почта: 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:

Аржун Макхиджани — президент
Лиза Ледуидж — директор по внешним связям
Мишель Бойд — координатор
по международным связям, научный сотрудник
Энни Макхиджани — научный сотрудник
Шираки Гопала — научный сотрудник
Луис Чайлмерс — заведующий библиотекой
Дайана Кон — бухгалтер
Бетси Турго-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, HKH 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 Ледуидж

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 19 (vol. 10, no. 1) английского издания
вышел в свет в ноябре 2001 г.

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

ТАБЛИЦА 1. Максимальные концентрации загрязняющих веществ в плюмах в водоносном горизонте Снейк-Ривер-Плэйн в 1995 г.

Загрязняющее вещество	Максимальная концентрация в плюме	Норма для питьевой воды	% от нормы для питьевой воды	Площадь, на которой концентрация превышает стандарты для питьевой воды, кв. мили
	пКи/л; ТХЭ — мкг/л			
Йод-129*	3,82	1	382	1,5
Технеций-99	448	900	49,8	0
Тритий	30 700	20 000	153,5	1,3
Стронций-90	84	8	1 050	0,6
Трихлорэтилен (ТХЭ)	32 000	5	640 000	Длина 2 700 м; максимальная ширина 900 м

* Данные по йоду-129 относятся к 1991 г.

Ядовитые вещества с. 2

шие вне пределов этой области, на сегодняшний день вполне удовлетворяют стандартам питьевой воды.

Несмотря на то, что практика захоронения отходов привела к загрязнению водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн и представляет для него опасность, INEEL продолжает захоранивать низкорадиоактивные отходы на малых глубинах и сбрасывать их в фильтрационные водоемы. Фильтрационные водоемы задерживают попадание воды в водоносный горизонт только на срок от нескольких дней до нескольких месяцев. По мере того, как загрязненная вода проходит через зону аэрации, она может вынести растворенные химические вещества из этих водоемов в водоносный горизонт или мобилизовать загрязнение зоны аэрации за счет предыдущих выбросов. (Зона аэрации — это ненасыщенный слой почвы и камней, расположенный между поверхностью земли и уровнем грунтовых вод). На рис. 2 (на с. 4) изображена схематическая модель питания грунтовых и подземных вод, не связанных с нижележащими горизонтами, источников загрязнения, а также пути воздействия излучения на территории INEEL.

Загрязнение грунтовых вод

Загрязнение грунтовых вод может встречаться в виде областей высоких концентраций загрязняющих веществ (плюмов) или иметь более разбросанный и непредсказуемый характер, в зависимости от состава веществ, способов выброса и взаимодействия со средой. Плюмы обычно образуются загрязняющими веществами, которые быстро проходят через зону аэрации, типа стронция-90, трития и ТХЭ. Плутоний, характер движения которого сильно зависит от местных геологических условий, на территории INEEL не образовал плюма, что свидетельствует об очень большом разбросе скоростей его переноса на разных участках территории.

В настоящее время в водоносном горизонте Снейк-Ривер-Плэйн имеется несколько плюмов загрязняющих веществ, в том числе трития, стронция-90, йода-129 и некоторых летучих органических соединений (в основном ТХЭ). На больших территориях концентрация этих веществ превышает предельно допустимые нормы.

В табл. 1 (выше) приведены максимальные концентрации загрязняющих веществ в плюмах в водоносном горизонте в пикокюри на литр и в процентах от норм для питьевой воды. Максимальные концентрации в плюмах трития, стронция-90 и йода-129 намного превышают стандарты питьевой воды. Максимальные концентрации в плюмах ТХЭ составляют 640 000 % от стандартов питьевой воды.

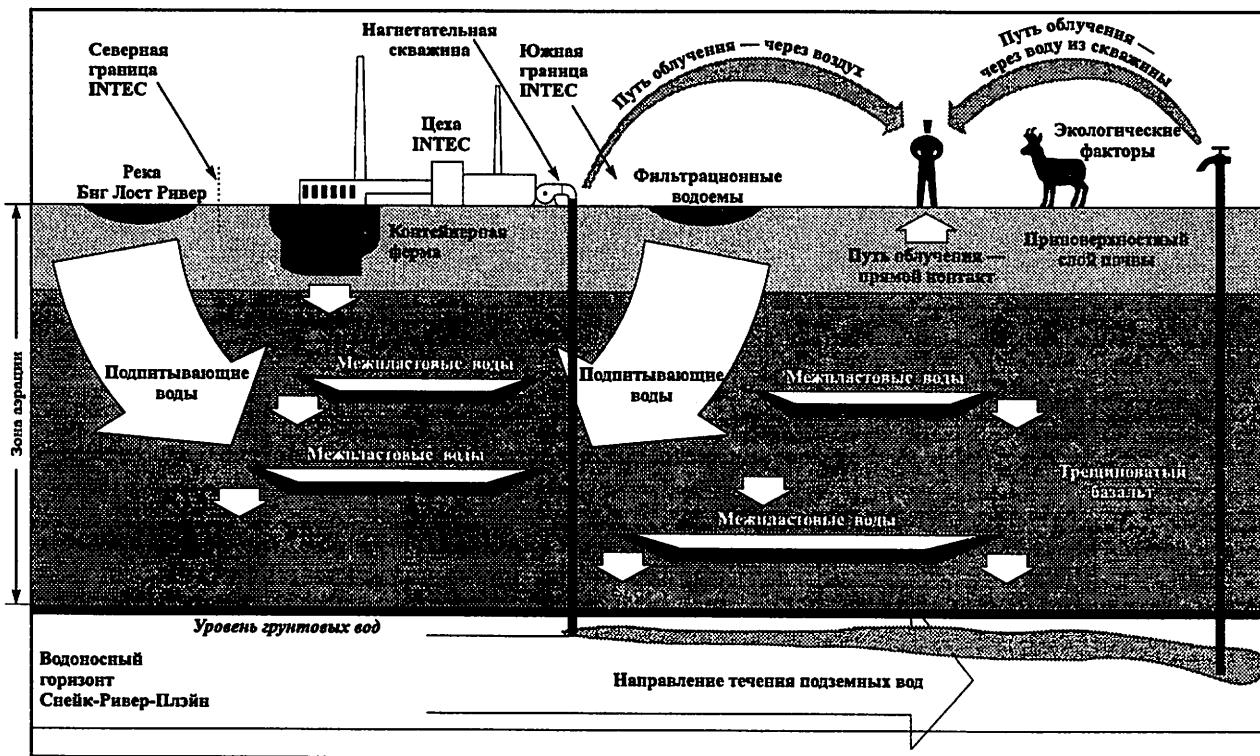
В водоносном горизонте Снейк-Ривер-Плэйн были также найдены плутоний-238, плутоний-239 и америций-241, но каких-либо закономерностей их распределения или плюмов замечено или установлено не было. В табл. 2 (на с. 8) приведены данные за период с 1972 по 2000 г. по измерениям содержания америция и плутония в грунтовых водах под Комплексом по обращению с радиоактивными отходами (RWMC), где трансуранные отходы сбрасывались в необлицованные шахты и рвы. Измерения показывают, что содержание плутония и америция колеблется от малых долей пикокюри на литр до 24 пикокюри на литр для плутония-239/240. Как видно из табл. 2, результаты этих измерений были весьма различными.

Что касается достоверности и правильности интерпретации положительных проб на плутоний, здесь остается некоторое противоречие. Следует отметить, что всего было взято лишь несколько проб (причем за один раз бралась одна проба), и они не обязательно отражают характер распределения концентраций плутония за более длительный промежуток времени и его миграцию через зону аэрации.

Высказывалось предположение, что положительные пробы на плутоний могут быть связаны с ошибками

См.: Ядовитые вещества, с. 4

РИСУНОК 2. Схематическая модель, показывающая расположение подземных вод, межпластовых вод, подпитывающих вод, источников загрязнения, а также пути воздействия излучения на INEEL



Источник: DOE, July 1999.

Ядовитые вещества см. с. 3

измерения. Однако представляется маловероятным, чтобы все данные о положительных пробах, полученные с интервалом в несколько десятков лет и в которых не было отмечено систематических ошибок, можно было бы объяснить ошибками измерения или протокола по выборке. Значительные различия в результатах могут быть следствием того, что миграция плутония в зоне аэрации имеет очень сложный характер и в значительной степени определяется воздействием локальных факторов. Один из этих факторов — перенос в коллоидной форме, когда плутоний переносится не в растворенной форме, а во взвешенном состоянии, в виде мельчайших коллоидных частиц. Поскольку даже единичные взвешенные частицы плутония-238 размером в доли микрона и частицы плутония-239 размером порядка микрона обладают значительной радиоактивностью, то можно ожидать большой разброс данных по различным группам проб в пределах одной выборки. В результате миграция плутония довольно непредсказуема. Наличие плутония в грунтовых водах подтверждается и его наличием в зоне аэрации. В целом данные говорят о быстром перемещении плутония и америция через зону аэрации, что представляет одну из главнейших опасностей для водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн.

Регулярного мониторинга по многим загрязняющим веществам не ведется. Например, хотя известно, что имеется плутоний-129, ни подрядчики Министерства энергетики (МЭ), ни Геологическая служба США (USGS) с 1992 г. не опубликовали данных о концентрациях этого радионуклида в грунтовых водах. В 1991 г. концентрация йода-129 в скважине, наиболее загрязненной этим изотопом, составляла 3,82 пКи/л (при предельно допустимой концентрации 1 пКи/л). Этот радионуклид принадлежит к числу тех, которые вызывают особую тревогу ввиду его быстрой миграции через зону аэрации и очень большого периода полураспада (17 млн лет). Радиоактивный йод воздействует на щитовидную железу, особенно у детей.

Соответствие стандартам питьевой воды

Несколько скважин, в которые вода поступает из водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн, снабжают питьевой водой рабочих INEEL. Значительная часть питьевой воды на этой территории существенно загрязнена радиоактивными и опасными химическими веществами, особенно ТХЭ и тетрахлоридом углерода.

См.: Ядовитые вещества, с. 5

» Скважина питьевой воды RWMC загрязнена тетрахлоридом углерода. Для снижения уровня загрязнения используется очистное сооружение, так называемый барботер.

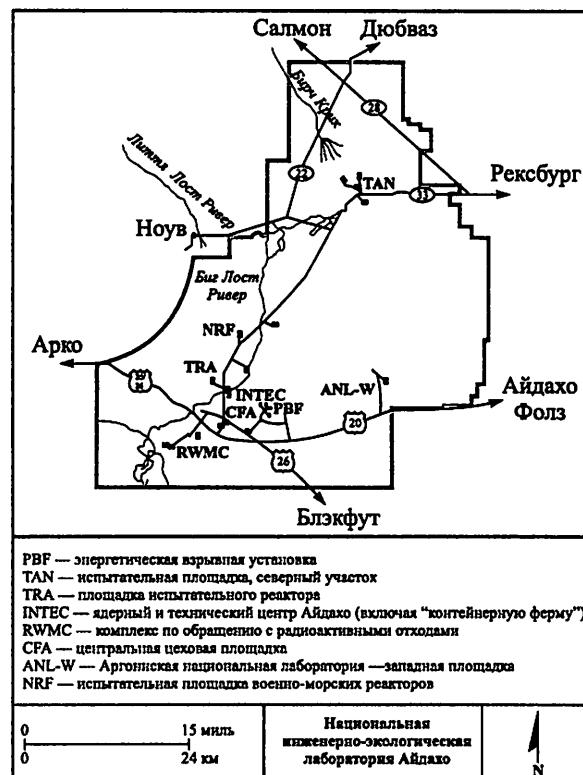
» В систему цеха технического обеспечения (TSF) питьевая вода всегда поступала из скважины № 1 TSF, которая, как было выяснено, загрязнена ТХЭ. По крайней мере с 1987 г. концентрация ТХЭ в этой скважине превышает или находится почти на уровне предельно допустимой нормы для питьевой воды. С 1987 по 1988 г. воду в этот цех доставляли в бутылках. С 1988 по 1997 г. воду очищали, а уже потом пускали в систему распределения (через которую всегда проходит вода из скважин прежде, чем попадает к потребителю), и сообщалось, что содержание ТХЭ в ней не превышало предельных концентраций для питьевой воды. После 1997 г. данных по скважине № 1 TSF не имеется.

» Исследования питьевой воды из скважины № 2 TSF показали, что хотя концентрации ТХЭ в ней не превышают норм для питьевой воды, тем не менее его содержание повышенено. Ежедневно эту воду потребляют около 100 человек.

» Концентрация трития в скважинах Центральной цеховой площадки (CFA) повышена, хотя не превышает современных норм для питьевой воды. Системой CFA ежедневно пользуются более 1 000 человек.

В табл. 3 (на с. 8) приведены данные по трем системам водоснабжения INEEL. Соответствие нормам питьевой воды можно оценить, подсчитав отношение измеренной концентрации к допустимому уровню по каждому загрязняющему веществу. Несмотря на то, что такой расчет используется для оценки загрязнения радионуклидами, он не санкционирован для опасных химических веществ, хотя и дает хорошую оценку качества воды. Это не самый консервативный способ оценки воздействия загрязняющих веществ на воду, поскольку простое сложение не учитывает синэргического эффекта взаимодействий различных опасных химических веществ друг с другом и с радионуклидами. Кроме содержания конкретного загрязняющего вещества рассчитывается и их общая сумма (нагрузка в %) — но не как мера соответствия установленным нормам, а как мера общественного здоровья, характеризующая пригодность воды для питья. Хотя суммарное загрязнение ни в одной из систем распределения не превышает 100-процентного уровня, система RWMC близка к нему, и концентрация тетрахлорида углерода в питьевой воде этой системы постепенно возрастает. Отметим, что по некоторым загрязняющим веществам наблюдение не ведется (насколько нам известно), поэтому в официальном заключении о соответствии этой воды стандартам предполагается, что загрязнение этими веществами незначительно.

Карта площадки INEEL



Взято с изменениями из DOE, June 1996.

Опасность в будущем:
радиоактивные, смешанные
и опасные захороненные отходы

В табл. 4 (на с. 6) представлены основные долгоживущие радионуклиды, определенные здесь как радионуклиды с периодом полураспада более десяти лет, захороненные в RWMC². Радиоактивное содержание отходов оценивалось на момент захоронения и не корректировалось с учетом их распада. Общая радиоактивность радионуклидов, приведенная на момент захоронения, составляла почти 4 млн Ки. Общая радиоактивность сверхдолгоживущих радионуклидов, с периодом полураспада более 100 лет, составляет около 1 млн Ки.

Среди радионуклидов, испускающих альфа-частицы, особое значение в экологическом отношении имеет америций-241 с периодом полураспада 432 года. Грунтовая вода, которая проходит под INEEL, доходит до долины Мэджик, центра сельскохозяйственного региона южного Айдахо, примерно за половину этого времени. Во время движения в водоносном горизонте

См.: Ядовитые вещества, с. 6

радиоактивность таких радионуклидов, как америций-241, будет несколько снижаться, вследствие его разбавления и поглощения геологической средой.

Некоторое количество америция-241 уже мигрировало через зону аэрации в водоносный горизонт. Максимальная концентрация америция-241 в грунтовых водах была зарегистрирована в 1997 г. и составляла 1,97 пКи/л. Уровень америция-241 пока еще не превышает предельно допустимых концентраций для питьевой воды (15 пКи/л), и пломбов пока еще не было выявлено. Однако необходимо отметить, что, вследствие отсутствия систематичности при составлении нормативов по приемлемому качеству питьевой воды, допустимые концентрации америция и плутония для питьевой воды значительно выше, чем для большинства других радионуклидов (с точки зрения допустимой дозы излучения). Если бы предел радиационной дозы для критического органа в 4 миллибэр, что является критерием для большинства радионуклидов, применялся также к плутонию-239 или америцию-241, то уровень максимального загрязнения пришлось бы снизить более чем в сто раз.

С плутонием-239 связаны еще и другие проблемы. Во-первых, его количество в захороненных отходах INEEL составляет более тонны³, и это вызывает тревогу с точки зрения безопасности, если контроль над этой территорией будет утрачен. Этого количества достаточно для производства более 200 атомных бомб. В некоторых отходах на момент захоронения концентрации плутония были довольно высокие, что усугубляет проблему его защиты. Поэтому, если контроль над этой территорией будет утрачен, шахты и рвы могут стать потенциальным плутониевым рудником.

Во-вторых, миграция плутония представляет серьезную проблему для окружающей среды. Пробы грунтовой воды до сих пор свидетельствовали о том, что плутоний движется гораздо медленнее, чем америций. Однако его скорость все же гораздо выше, чем это предполагалось первоначально, и более того, период полураспада плутония-239 (более 24 000 лет) гораздо больше

См.: Ядовитые вещества, с. 7

ТАБЛИЦА 4. Объемы разбавления для долгоживущих радионуклидов^a, захороненных на территории INEEL в период между 1952 и 1989 г.

Радионуклид	Период полураспада, лет	Преобладающий тип излучения	Полная радиоактивность захороненных отходов ^b , Ки	Нормы для питьевой воды, пКи/л	Объем разбавления (отношение общей радиоактивности к стандарту питьевой воды), л	Отношение объема разбавления к объему водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн ^c
Тритий	12,3	Бета	1 200 000	20 000	$6,0 \times 10^{13}$	0,02
Углерод-14	5 730	Бета	16 000	2 130	$7,5 \times 10^{12}$	0,00
Никель-59	76 000	ЗЭ ^d	5 100	533	$9,6 \times 10^{12}$	0,00
Никель-63	100	Бета	750 000	80	$9,4 \times 10^{15}$	3,8
Стронций-90	29,1	Бета	450 000	8	$5,6 \times 10^{16}$	23
Технеций-99	213 000	Бета	260	800	$3,3 \times 10^{11}$	0,00
Йод-129	17 000 000	Бета	0,099	0,533	$1,9 \times 10^{11}$	0,00
Цезий-137	30,2	Бета	700 000	160	$4,4 \times 10^{15}$	1,8
Плутоний-238	87	Альфа	2 500	15	$1,7 \times 10^{14}$	0,07
Плутоний-239	24 110	Альфа	66 000	15	$4,4 \times 10^{15}$	1,8
Плутоний-240	6 537	Альфа	15 000	15	$1,0 \times 10^{15}$	0,41
Плутоний-241	14,4	Бета	400 000	533	$7,5 \times 10^{14}$	0,31
Америций-241	432	Альфа	150 000	15	$1,0 \times 10^{16}$	4,1
Общее			3 700 000		$8,6 \times 10^{16}$	35
Радионуклиды с периодом полураспада свыше 100 лет			1 000 000		$2,5 \times 10^{16}$	10
Стронций-90 и цезий-137			1 120 000		$6,0 \times 10^{16}$	25

Примечания. а. Здесь долгоживущими радионуклидами считаются те, период полураспада которых превышает 10 лет. б. ЗЭ = захват электрона. в. Радиоактивность продуктов распада не учитывалась. Все трансурановые изотопы распадаются с образованием радиоактивных продуктов распада, которые со временем накапливаются. Особенно следует отметить плутоний-241, который распадается с образованием америция-241. г. Объем водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн составляет $2,44 \times 10^{15}$ литров. Числа округлены до двух значимых цифр.

Рекомендации IER по охране водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн

- **Извлечение и стабилизация захороненных отходов.** Отходы, захороненные в шахтах и рвах в приповерхностной зоне захоронения отходов (SDA) на территории Комплекса по обращению с радиоактивными отходами, принадлежащего Национальной инженерно-экологической лаборатории Айдахо (INEEL), в долгосрочном отношении представляют собой наибольшую угрозу водоносному горизонту Снейк-Ривер-Плэйн, поскольку в них содержатся не только опасные радионуклиды, но и опасные, горючие и взрывчатые химические вещества. Эти отходы весьма разнородны. Полную информацию о характеристиках этих отходов можно будет получить с помощью программы по отбору проб до извлечения отходов.
- **Прекращение использования фильтрационных водоемов и практики захоронения низкоактивных отходов на малых глубинах.** Проходя через зону аэрации, загрязненная вода из водоема может вынести в водоносный горизонт растворенные в ней химические вещества. Выбросы незагрязненной воды также могут способствовать перемещению загрязняющих веществ в водоносный горизонт, мобилизовав загрязнение зоны аэрации от прежних выбросов или протолкнув загрязненные грунтовые воды из межпластовой зоны в водоносный горизонт. Существует также возможность выноса радионуклидов из приповерхностных захоронений низкорадиоактивных отходов.
- **Отверждение жидких высокоактивных отходов и хранение их в твердой форме.**
- **Очистка зоны аэрации.** Необходима более решительная исследовательская программа по очистке зоны аэрации, а также лучший процесс выбора технологии.
- **Разработка тщательно продуманной и полной программы мониторинга грунтовых вод и исследований в области переносов загрязнений.** Хотя уже ведутся обширные работы по мониторингу грунтовых вод, их недостаточно для анализа миграции трансуранных радионуклидов (в особенности плутония), не образующих плюмов. Необходимо предпринять более целенаправленные и прямые усилия для проведения полной, точной и эффективной программы измерений и анализа. Такую программу, вероятно, можно осуществить с помощью уже имеющихся ресурсов, при условии, что ее цели будут переосмыслены, а подрядчики будут выбираться в соответствии с их способностью достичь эти цели программы.
- **Введение новых правил при проведении мероприятий по экологической очистке.** Несмотря на наличие множества научных знаний и все большего понимания характера опасности, вызываемой экологическим наследием холодной войны, Министерство энергетики и его подрядчики не сумели провести хорошо продуманную программу по экологической очистке. Подрядчики для проведения экологической очистки должны отбираться в соответствии со стоящей перед ними задачей, со строгими требованиями в отношении компетентности и опыта работы в данной области, а также ответственности и открытости.

Ядовитые вещества см. с. 6

ше, чем у американца. Как будет проходить миграция плутония в течение таких длительных промежутков времени, неизвестно.

И, наконец, риск, связанный с безопасностью и экологическим ущербом, возрастает из-за отсутствия информации о содержимом контейнеров INEEL. Достоверно неизвестно, не содержится ли в этих контейнерах количество плутония, достаточное, чтобы создалась критичность (то есть возможность спонтанной неконтролируемой ядерной реакции), если контейнеры будут залиты водой. Кроме того, плутоний, просочившийся из захороненных отходов, мог скопиться в небольшом объеме почвы, что может привести к спонтанной критичности во время сильного ливня или наводнения. К тому же вода повышает вероятность нарушения целостности контейнера, увеличивая тем самым риск для рабочих. В приповерхностной зоне захоронения отходов (SDA), находящейся в низине, уже были наводнения в 1962, 1969 и 1982 гг. (См. фотографию на с. 1). Во время наводнения 1962 г. были наполнены водой две открытые шахты и два открытых рва. На поверхности воды плавали ящики и бочки, содержащие низкорадио-

активные отходы. После этого были построены насыпи и отводные каналы, но в небольших низменностях на территории SDA по-прежнему иногда происходят затопления.

Один из критериев, с которым можно подходить к оценке угрозы, вызванной наличием радионуклидов в отходах, захороненных на территории INEEL, состоит в следующем: если все долгоживущие или сверхдолгоживущие радионуклиды из захороненных отходов равномерно распределить по водоносному горизонту Снейк-Ривер-Плэйн, то превысит ли уровень загрязнения этого горизонта допустимые нормы, и если превысит, то насколько?

Это можно рассчитать, разделив вначале общую концентрацию загрязняющего вещества в захороненных отходах на норму для питьевой воды по этому загрязняющему веществу. Результат, так называемый "объем разбавления", представляет собой объем воды, необходимый для того, чтобы концентрация содержащегося в нем загрязняющего вещества не превышала допустимых норм для питьевой воды. Затем объем разбавления можно сравнить с общим количеством воды в водоносном горизонте. Этот подход дает грубую оценку величины

См.: Ядовитые вещества, с. 15

ТАБЛИЦА 2. Некоторые данные по концентрациям изотопов америций-241 и плутония в водоносном горизонте Снейк-Ривер-Плэйн, пКи/л

Дата (год)	Данные USGS						Данные подрядчиков МЭ						Данные INEEL OP					
	Америций-241		Плутоний-238		Плутоний-239/240		Америций-241		Плутоний-238		Плутоний-239/240		Америций-241		Плутоний-238		Плутоний-239/240	
	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее	Верхнее
1972—1976	0,01	0,3; 1,5; 5	0,02	0,96; 9	0,02	0,29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1981	—	0,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1993—2000	—	0,14	—	0,39	—	—	0,008	1,97	0,012	0,3	0,006	4,3	—	0,039	0,36	0,9	0,42	24

Примечания. USGS = Геологическая служба США; МЭ = Министерство энергетики США; INEEL OP = Программа по надзору Национальной инженерно-экологической лаборатории Айдахо. Прочерк — концентраций выше фонового значения не обнаружено.

ТАБЛИЦА 3. Питьевая вода INEEL, 1998 г.

	Уровень максимального загрязнения от норм для питьевой воды по некоторым загрязняющим веществам на разных участках INEEL (опубликованные средние значения), %								Стандарт питьевой воды
	Скв. № 1 CFA	Скв. № 2 CFA	Распределение CFA	Скв. № 1 TSF	Скв. № 2 TSF	Распределение TSF	Скв. RWMC	Распределение RWMC	
Тритий	65	54	59	Низкое	Низкое	Низкое	7	7	20 000 пКи/л
Стронций-90	?	?	?	?	?	?	?	?	8 пКи/л
Технеций-99	?	?	?	?	?	?	?	?	900 пКи/л
Йод-129	?	?	?	?	?	?	?	?	1 пКи/л
Тетрахлорид углерода	?	?	2	?	?	?	95	56	5 мкг/л
TXЭ (Трихлорэтилен)	?	?	6	92	52	28	44	29	5 мкг/л
Общая нагрузка, %	65	54	67	92	52	28	146	92	

Примечания. CFA — Центральная цеховая площадка; TSF — Цех технического обеспечения; RWMC — Комплекс по обращению с радиоактивных отходов; ? — данные в цитируемых источниках отсутствуют (источники см. в отчете). Общая нагрузка — суммарный процент предельно допустимой концентрации. Об измерениях по альфа-излучателям не сообщалось. Нормативы не предусматривают сложения нагрузок по химическим веществам друг с другом или с нагрузками по радионуклидами.

**ТАБЛИЦА Б. Основные захороненные нерадиоактивные материалы
в приповерхностной зоне захоронения отходов (SDA), 1952–1983 гг. г.**

Химическое вещество	Общее количество	Источник отходов								
		Испытательная площадка, северный участок (TAN)	Площадка испытательного реактора (TRA)	Ядерный и технический центр Айдахо (INTEC)	Испытательная площадка военно-морских реакторов (NRF)	Аргонская национальная лаборатория — западная площадка (ANL-W)	Центральная цеховая площадка (CFA)	Роки-Флэтс	Другие поставщики отходов	Разгон реактора
Органические химические вещества										
1,1,1-трихлорэтан	110 000 000			1 700 000				110 000 000		220 000
Тетрахлорид углерода	120 000 000			26 000		16		120 000 000	Неизвестно	
Тетрахлорэтилен	27 000 000							27 000 000		
Трихлорэтилен (TXЭ)	100 000 000							100 000 000		410 000
Неорганические химические вещества										
Асбест	1 200 000		1 100 000	110 000	Неизвестно	Неизвестно			Неизвестно	11 000
Цианид натрия	940						940			
Металлы (в различных химических формах)										
Хром	1 000	550		20		Неизвестно				450
Свинец	580 000 000	Неизвестно	140 000 000	26 000 000	Неизвестно	14 000 000	180 000 00	190 000 000	19 000 000	2 100 000
Гексагидрат уранилдинитрата (также радиоактивен)	220 000			220 000						
Уран-238 (также радиоактивен)	320 000 000	17 000	3 500 000	1 900 000		3 500 000		240 000 000		

Примечание. Числа округлены до второй значимой цифры.

Точка зрения бывшего фермера из Айдахо, занимавшегося разведением форели

Приведенный ниже текст представляет собой письменное изложение записанного на видеопленку интервью с Бобом Эркинсом, бывшим фермером из штата Айдахо, занимавшимся разведением форели. Интервью провел 18 мая 2001 г. Гэри Ричардсон, исполнительный директор Союза Реки Снейк. Публикуемый вариант представляет собой сокращенную и отредактированную версию, в которую внесены необходимые пояснения.

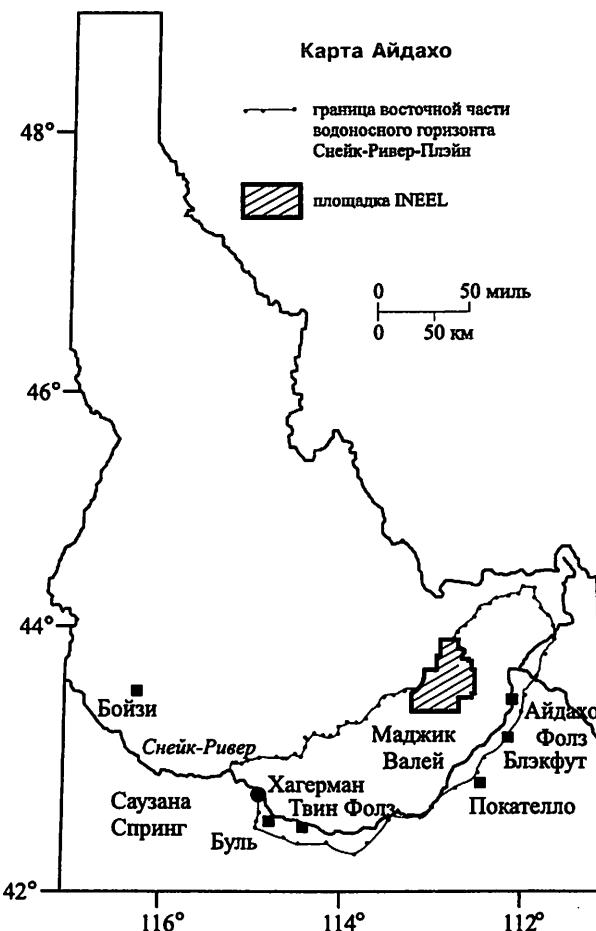
ГЭРИ РИЧАРДСОН: Как вы впервые узнали, что в связи с деятельностью Национальной инженерно-экологической лаборатории Айдахо (INEEL) могут возникнуть проблемы с водоносным горизонтом?

БОБ ЭРКИНС: Мы как раз вели переговоры с нью-йоркской компанией W.R. Grace Co. о продаже ей наших форелеводческих хозяйств, начиная с одного из самых крупных хозяйств Snake River Trout Co. к северу от Буля, и остальных по всему штату Айдахо, от Хагермана до Буля и Покателло, в Блэкфуте, а также нашей компании по производству корма в Венделле.

Один из старших вице-президентов компании Grace выслал мне вырезку из нью-йоркской газеты и сказал, что правительство планирует перевести атомные отходы на хранение с территории Денвера, насколько я помню, Роки-Флэйтс, в INEEL. Представитель компании Grace заявил: “Мы, в общем-то, не очень хотим покупать такое рыболовческое хозяйство [где вода поступает из источника, над которым захоронены ядерные отходы]”. Я его вполне понимал, потому что зачем надо иметь отхожее место над своим основным водным источником, чем, собственно, и является система родников для всей Хагерманской долины до самой реки Колумбия.

Так вот, они приехали посмотреть, и я отправился с ними в INEEL. Зрелище было поразительное! Там, на площадке, рабочие сваливали картонные коробки с атомными отходами в ямы, а затем забрасывали их землей с помощью одноковшового экскаватора, причем не очень глубоко. То, что осталось незакопанным (стояла зима), заполнялось водой, снегом и скопившейся дождевой водой.

Я сказал: “Это идиотизм, так делать. Должен же хоть кто-нибудь навести порядок”. Так что я пожаловался, и сразу же набежали репортеры с операторами из телекомпаний CBS, NBC и ABC. Заведующий отделом атом-



Взято с изменениями из USGS, 1999, р. 2.

ных отходов INEEL, как его зовут, я уже не помню, да и вспоминать не хочу, сказал: “Да что этот мелкий рыболов из южного Айдахо может знать про атомную энергию? Ничего он про атомную энергию не знает”.

И действительно, я ничего не знаю. Но я знаю, что атомная энергия может наворить. Я был в Хирошиме сразу после атомного взрыва, поэтому я лучше любого другого понимаю, что могут сделать атомные отходы и атомная энергия.

Я не против атомной энергии, если она — под надлежащим контролем. Но я думаю, это просто трагедия,

См.: Фермер из Айдахо, с. 11

когда государственное учреждение, как это, скрывает атомные отходы и буквально закапывает эти отходы над нашим водоносным горизонтом.

Г. Р.: Как вы думаете, что произойдет, если все эти материалы окажутся в водоносном горизонте долины Мэджик?

Б. Э.: Ну, во-первых, это катастрофически скажется на экономике всей долины Мэджик [и по всему течению реки Колумбия], потому что пройдут слухи: "У них в воде атомные отходы". А это приведет к падению цен на недвижимость и все пойдет наперекосяк. Случится ли это сегодня или завтра? Нет. Но со временем, когда все эти отходы сползут в водоносный слой, поскольку все это стекает вниз, — вспомните, это один из крупнейших водоносных горизонтов Северной Америки и всего мира — где-нибудь они выскочат, а может быть, и повсюду, и последствия будут совершенно разрушительными.

Г. Р.: Какое значение для экономики имеет чистота водоносного горизонта?

Б. Э.: Я думаю, чистая вода выгодна абсолютно любому району. Если у вас нет чистой воды и приходится устанавливать системы водоочистки, это потребует от вас больших затрат. Но если вы не сможете очистить воду, и в ней останутся разные элементы, например, ртуть — мы знаем, какие ужасные события происходили в Японии, когда в воде была ртуть, и когда младенцы рождались мертвыми или калеками, и в каком отчаянии были их матери.

Вода — основной элемент нашей жизни. Мы же, вроде бы, на 85 % состоим из воды? Но мы понимаем это, и понимаем, что когда мы как-то загрязняем воду и пьем ее, мы загрязняем сами себя. Вот почему в последние годы так растет продажа воды в бутылках, потому что люди начинают осознавать, что даже в городах вода может оказаться так или иначе загрязненной, причем они могут и не знать об этом. Я думаю, чистая вода имеет огромное значение для растущей экономики, а вода, как мы знаем на Западе, — это очень важно, и точка.

Г. Р.: То, что вы перестали заниматься разведением форели, как-то связано с угрозой проникновения радионуклидов в водоносный горизонт?

Б. Э.: Пожалуй, нет. Я просто подумал, что это было самое удачное время, чтобы продать свой бизнес. Я понял, что все, что может произойти, произойдет не сразу, не завтра и не через год, а много позже.

Я сказал жене, что это еще одна головная боль, и если кто-нибудь начнет раскручивать это дело, то мы как часть пищевой промышленности можем прогореть, но это может случиться еще нескоро. И не только потому, что вода будет загрязнена атомными отходами прямо у источника. Когда об этом повсюду говорят и пишут, этого достаточно, чтобы погубить хозяйства, занимающиеся производством продуктов питания. Никто не захочет взять в рот что-нибудь вредное для себя, если узнает об этом.

Г. Р.: Это серьезная проблема в рыбоводческой отрасли?

Б. Э.: Я не думаю, что это самая главная из обсуждаемых проблем, потому что большинство людей считают, что сами они здесь ничего поделать не смогут. Но проблема-то существует...

Вести распространяются разными путями и из разных источников, и конечно же, люди, которые производят что-то из аквакультуры, этого вопроса поднимать не будут, как и те, кто выращивает картофель, или те, кто использует эту родниковую воду для полива. Я не думаю, что их это сейчас волнует или должно волновать, но когда-нибудь в будущем им придется с этим столкнуться.

Г. Р.: Не кажется ли вам, что они должны участвовать в выработке решения на политическом уровне?

Б. Э.: Вы думаете, многие принимают участие в поиске политического решения проблемы? Только не тогда, когда действительно доходит до дела. Да, я думаю, они должны это делать, но они не делают. Я думаю, они должны любыми способами добиваться, чтобы эти отходы увезли куда-нибудь в другое место. Я хорошо понимаю, что остальным тоже не хочется иметь такое на своем заднем дворе — но на наш задний двор их уже привезли и зарыли над водоносным горизонтом, нашим самым крупным водным источником. И как я сказал вначале, это все равно, что соорудить свое отхожее место над источником, а потом пить из него воду, и говорить: "Ох, да что же это со мной?"

Испытательный полигон в штате Невада

C какими рисками сопряжены акции протеста на Испытательном полигоне в штате Невада? Могут ли беременные женщины и дети принимать участие в таких акциях?

Научные сведения

На уровне моря естественное фоновое излучение составляет приблизительно 80 или 90 миллибэр (мбэр) в год, а на больших высотах оно выше. Сюда входит внешнее излучение от космических лучей и встречающихся на земле природных радионуклидов, а также внутреннее излучение, например, от калия-40, который встречается в природе². Калий-40 попадает в организм с пищей вместе с нерадиоактивным калием, с которым он в природе смешан. Этот факт чрезвычайно часто используется сторонниками ядерной индустрии, которые говорят, что на самом деле можно получить большую дозу облучения от человека, с которым ты спишь рядом (порядка нескольких мбэр в год), чем от атомной электростанции или радиоактивной свалки, рядом с которыми ты живешь.

Основным источником радиоактивного облучения является бытовой радон — в среднем от 100 до 300 мбэр, — который является продуктом распада урана-238. Ядерный истеблишмент относит его к “естественному фону”, но он, в основном, является артефактом жилищного строительства, и поэтому IEER не относит его к числу естественных источников.

В число других источников облучения входят медицинский рентген и табакокурение (активное или пассивное). Легко понять, что данные источники весьма различны. При рентгене грудной клетки современным оборудованием весь организм человека может получить дозу облучения, эквивалентную 5 или 10 мбэр.

Испытания ядерного оружия

В прошлом многие люди получили высокие дозы облучения во время проведения ядерных испытаний в атмосфере³. До сих пор самая большая доля в дозах облучения в результате ядерных испытаний продолжает приходиться на ядерные испытания в атмосфере. И это несмотря на то, что последнее испытание ядерного оружия в атмосфере на полигоне в штате Невада — взрыв на поверхности — было проведено в 1962 г., а в мире ядерные испытания в атмосфере в последний раз были проведены в 1980 г. (в Китае). В настоящее время годовая ожидаемая доза в Северном полушарии в результате глобального распространения радиоактивных продуктов взрывов составляет порядка нескольких милли-

бэр в год. Эта величина со временем снижается благодаря распаду некоторых основных источников излучения, особенно цезия-137 и стронция-90, у которых периоды полураствора составляют соответственно около 30 и 28 лет.

Выбросы радиоактивности в атмосферу в результате подземных испытаний были значительно ниже, чем в результате ядерных испытаний в атмосфере, которые составили 12 млрд Ки. Несмотря на это, в Соединенных Штатах было несколько крупных выбросов радиоактивности в результате подземных испытаний, в сумме составивших 25,3 млн Ки⁴. Последний очень крупный выброс произошел во время подземного испытания в Банебери в 1970 г. (6,7 млн Ки). После этого самый крупный одиночный выброс в 36 000 Ки произошел в результате проведения “контролируемой” продувки после испытания в Майти Оук в 1986 г. Согласно исследованию, проведенному ныне не существующим Бюро технической оценки проектов при Конгрессе США (OTA), следующие два крупных выброса после испытания в Банебери были аварийные сбросы, 6 800 кюри в 1971 г. и 3 100 кюри в 1980 г.

В эти оценки выбросов не входит радиоактивность, которая осталась под землей. Согласно данным того же исследования, суммарная (за весь период жизни) доза от всех вместе взятых испытаний в США, начиная с испытания Банебери, для “человека, ... стоящего на границе Испытательного полигона в Неваде в области максимальной концентрации радиоактивности [на протяжении определенного периода времени, во время испытания], ... была бы эквивалентна 32 минутам воздействия нормального фонового излучения (или эквивалентна 1/1000 одного сеанса рентгена грудной клетки)⁵.” Никто в IEER не проверял эти вычисления OTA, но так как эти цифры кажутся вполне достоверными и не вызывают подозрений, можно считать, что расчеты верны.

Доза облучения при отдельном типичном испытании будет гораздо ниже. Доза облучения при испытании с самым крупным (после испытания в Банебери) аварийным сбросом, будет меньше 6 мкбэр. Конечно, масштаб аварий в прошлом не может служить гарантией того, что в будущем, если будут возобновлены подземные ядерные испытания, аварии будут того же масштаба. Они — всего лишь условный ориентир.

Как известно, излучение — это не единственный фактор внешней среды, провоцирующий раковые заболевания, мутации, ослабление иммунитета и вызывающий другие проблемы со здоровьем. Эти же самые проблемы могут быть вызваны другими раздражителями, как

См.: Полигон в Неваде, с. 13
Примечания, с. 14

естественными, так и искусственными. Большая часть трудности при работе с оценками по раковым заболеваниям и другим медицинским проблемам, вызванным излучением рассматриваемого уровня, — это то, что очень трудно отделить воздействие на людей небольших доз излучения от огромного числа других факторов, которые влияют на здоровье и могут вызвать в том числе и рак.

В целом дозы облучения из расчета на одно испытание в результате проведения подземных ядерных испытаний, типа испытаний в Неваде (после испытания Банебери в 1970 г.), были порядка нескольких микробэр или меньше. По сравнению с другими обычно встречающимися дозами, включая и дозы, которые получают люди в настоящее время от остаточного излучения прошлых испытаний в атмосфере, эти дозы малы. Начиная с 1992 г. вступил в силу мораторий на ядерные испытания, тем не менее, Соединенные Штаты сохраняют готовность возобновить испытания на ядерном полигоне в Неваде и отказались ратифицировать Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Дозы на полигоне

Некоторые участки испытательного полигона загрязнены еще в результате прошлых испытаний. Уровни излучения в кратере Седан колеблются от 30 до 40 микробэр в час, таким образом, в течение приблизительно десятиминутной или двенадцатиминутной прогулки по такому участку полигона, человек может получить дозу облучения, значительно превышающую дозу облучения, которую можно было бы получить, находясь на границе полигона от всех подземных испытаний, начиная с испытания в Банебери в 1970 г. (всего около 6 мкбэр).

Вероятно, есть участки с незакартированными “горячими частицами”. Сюда следовало бы включить общие районы, где проводились “испытания на безопасность”, сопровождавшиеся рассеиванием плутония по полигону. При сухом пустынном климате, характерном для Испытательного полигона в Неваде, эти районы представляют собой особую опасность. Какие-либо мероприятия на полигоне вблизи загрязненных участков, по-видимому, будут представлять большую опасность, чем мероприятия, проводимые на границе этого полигона.

Социальные, политические и этические вопросы

Проводить акцию протеста на границе испытательного полигона или же пройти по нему — это личный политический и этический выбор каждого, и этот выбор должен быть сделан в контексте вышеизложенной

информации. Итак, я бы хотел изложить, какими доводами я лично руководствуюсь при выборе. Это обсуждение коснется некоторых социальных и этических принципов, как они представляются мне, а также будут приведены примеры их практического применения. Это вовсе не значит, что речь пойдет о разных технических деталях, возникающих при посещении различных площадок, или об акциях протеста в прошлом, настоящем или будущем, или о том, что каждый должен или не должен делать.

Сначала рассмотрим вопрос об естественном и искусственном излучении. Я воспринимаю естественное излучение, так же, как и другие естественные факты жизни. Отмирание чего-либо — это неотъемлемая часть естественного порядка в природе, замещения одного поколения другим. Однако, тот факт, что закон природы непреклонно связывает жизнь со смертью, не дает ни одному человеку право ускорить мой конец без моего согласия. Некоторые считают, что если естественное фоновое излучение составляет 100 мбэр, то нет ничего особенного, если люди или организации добавят к этому еще несколько миллибэр — это все равно, что сказать “Подумаешь! Вы же все равно, в конце концов, умрете. Почему бы мне не дать вам в ухо. Большого вреда это все равно не принесет”.

Разумеется, ни один человек не имеет права приводить в пример объективно существующие в природе факторы риска (или опасности по воле божьей, если вы склонны верить в Бога), для того чтобы оправдать свое намерение подвергнуть каким бы то ни было рискам другого человека.

Теперь, что касается различных рисков, созданных человеком. Действительно, когда мы спим рядом с другим человеком, мы сознательно делаем выбор относительно получения повышенной дозы облучения. Однако здесь важно соотношение между тем, чего вы лишаетесь, и тем, что вы получаете взамен. Что касается меня, я совершенно не представляю, что хорошего я смогу получить, если буду спать рядом с радиоактивной свалкой, и, конечно, чем ближе я нахожусь к радиоактивной свалке, тем меньше полезного я получу!

Более того, это дело выбора каждого. Если человек не испытывает желания жить по соседству со свалкой отходов, в создании которых он не принимал ни малейшего участия, тогда речь идет о факте навязывания риска вообще, а не только о величине навязываемого риска. Далее, если угроза рисков порождается каким-либо делом, цели которого люди не разделяют, тогда организация или человек, подвергающие нас рискам, фактически не имеет на это никакого права. Вот здесь как раз и вступают в действие такие понятия как демократия, секретность и роль осведомленного согласия. Кому это выгодно? На кого ложится бремя риска?

См.: Полигон в Неваде, с. 14

Исходя из этих принципов, я согласен пойти на риск для того, чтобы защитить людей, в том числе себя и своих детей, а также и будущие поколения от угрозы ядерного оружия и опасности ядерной войны. Я понимаю, что моя профессия сопряжена с риском. И я пытаюсь свести этот риск к минимуму, но я не допускаю, чтобы это заставило меня отказаться от моей работы, которая в большой степени направлена на то, чтобы следить за тем, что ядерный истеблишмент делает с окружающей средой.

На фоне важности дела мира и защиты Земли, доза в несколько миллибэр — это небольшой риск, и я готов на это пойти. Исходя из тех же самых принципов, я не желаю соглашаться с тем, чтобы те, кто испытывают ядерное оружие, подвергали меня, и особенно моих детей, облучению даже в один микробэр, хотя сегодня мы все являемся невольными жертвами последствий их прошлых дел.

Теперь относительно вопроса, следует ли предотвратить людей об опасности облучения при проведении каких-либо акций на полигоне. Говоря в общем, опасности облучения при проведении каких-либо мероприятий вблизи участков радиационного заражения на полигоне гораздо выше, чем радиационные риски на границе полигона либо за его пределами, но даже несмотря на это, они сопоставимы или меньше многих других обычных доз.

Что я думаю по поводу доз облучения детей и беременных женщин, участвующих в акциях протеста? Именно здесь мы можем провести сравнение между рисками облучения при акциях протеста и облучением другого рода, которому вы добровольно подвергаетесь. Многие из нас совершают путешествия на самолете. Многие из нас в эти поездки берут детей. Беременные женщины также решаются на такие поездки, а если они воздерживаются от них, то это обычно происходит не из-за страха получить дополнительную дозу облучения.

В результате полета на самолете из Нью-Йорка в Лас-Вегас и обратно вы можете получить дозу в несколько миллибэр из-за повышенного воздействия космического излучения и нейтронов⁶. Если исходить из результатов измерений на границе полигона, полная совокупная средняя доза облучения человека в результате запланированных выбросов от подземных испытаний, со временем испытания в Банебери в 1970 г., была приблизительно в тысячу раз меньше этой величины. (Конечно, существует некоторая вероятность того, что если испытания возобновятся, то последующие продувания могут привести к более высоким дозам). Следовательно, дозы, полученные в результате запланированных выбросов радиации от подземных испытаний в прошлом (после 1970 г.), были гораздо меньше, чем доза, которую получает человек при полете на самолете. Доза облучения на полигоне около кратера Седан

будет значительно выше дозы на границе полигона (в зависимости от продолжительности пребывания около кратера).

Следовательно, при принятии решения об участии в акциях протеста существенную роль играет личное суждение о том, насколько степень эффективности этой акции с точки зрения прекращения испытаний соотносится со степенью риска, которому человек готов подвергнуть себя во имя этой цели. В противоположность этому, та же самая доза будет неприемлемой, если при проведении ядерных испытаний люди, которые считают, что ядерные испытания — это безнравственно, неизменно подвергаются облучению. В этом случае не только повышается риск, которому подвергаются люди, но и наносится вред их целям и нарушаются их принципы.

В результате прошлых испытаний под землей накопилось огромное количество плутония. Сейчас эти количества увеличиваются за счет "подкритических" испытаний. Таким образом, если вы не являетесь сторонником ядерных испытаний, то нужно отвергать получение даже самых незначительных доз радиации, навязанных вам без вашей воли в результате проведения испытаний. Кроме того, вы должны вести работу по прекращению последующих испытаний и подземного загрязнения территории плутонием, поскольку это может создать угрозу облучения для будущих поколений. Однако здесь я бы хотел предостеречь. Я считаю, что если проводятся акции протеста, они должны носить мирный характер, поскольку, как сказал Махатма Ганди "Если мы хотим изменить этот мир к лучшему, то сначала нам нужно изменить самих себя".

Если вы готовы пойти на риск, связанный с дозами облучения, во имя того, чтобы совершить то, что было вашим личным выбором, то я надеюсь, что это обсуждение и сведения, которые я здесь привел, помогут вам принять правильное решение.



1. Эта статья в большой мере основана на неопубликованном выступлении в 1991 г. в ответ на полученный в том же году запрос.
2. Подробно об естественном и искусственно излучении см. журнал *Science for Democratic Action* vol. 4 no. 1, Winter 1995, или в Интернете http://www.ieer.org/sdafiles/vol_4/4-1/c-fold.html.
3. См. "Let Them Drink Milk: Iodine-131 Doses from Nuclear Weapons Testing", в журнале *Science for Democratic Action* vol. 6 no. 2, November 1997, и в Интернете http://www.ieer.org/sdafiles/vol_6/6-2/iodine.html.
4. США проводили ядерные испытания в атмосфере с 1945 г. по 1962 г. Подземные испытания в США начались в 1962 г., а последнее испытание было проведено в 1992 г. Сейчас США проводят "подкритические" испытания ядерного оружия на полигоне в Неваде.
5. Office of Technology Assessment of the U.S. Congress, "The Containment of Underground Nuclear Explosions", OTA-ITC-414, October 1989. Цитата взята со с. 4—5.
6. Экипаж самолетов, которые неоднократно подвергаются облучению, должно быть сообщено об их дозах облучения, и эти дозы должны контролироваться.

потенциальной опасности, вызываемой захороненными отходами⁴.

В табл. 4 приведены объемы разбавления для долгоживущих радионуклидов, захороненных на территории INEEL. Согласно этим данным, наиболее важными из долгоживущих радионуклидов, содержащихся в захороненных отходах, являются стронций-90, цезий-137, плутоний-239/240 и америций-241. Общая радиоактивность радионуклидов с периодом полураспада свыше 100 лет такова, что для соответствия стандартам питьевой воды объем водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн надо было бы увеличить в десять раз. Следует отметить, что требуемый объем разбавления был бы еще больше, если бы стандарт питьевой воды для плутония и америция был бы установлен таким же образом, как и для других радионуклидов.

Помимо радионуклидов на территории INEEL был захоронен еще ряд опасных отходов. Среди них — высокотоксичные органические соединения, например тетрахлорид углерода и трихлорэтилен, и токсичные металлы, например свинец и хром. В табл. 5 (на с. 9) приведены некоторые из этих опасных материалов, находящихся на территории приповерхностной зоны захоронения отходов (SDA), с указанием места, где эти отходы были наработаны. Большинство токсичных органических химических веществ были присланы в INEEL с предприятия Роки-Флэтс в Колорадо как часть отгрузок трансуранных отходов с этого объекта.

При оценке потенциального воздействия захороненных нерадиоактивных опасных материалов имеется одна принципиальная трудность — учетные записи настолько недостаточны, что общее количество отходов по сути неизвестно. Кроме значительных неопределенностей в отношении тех химических веществ, по которым имеются некоторые данные, есть ряд химических веществ, для которых данных вообще не существует, в том числе такие высокотоксичные, как бериллий, цианид, ртуть и полихлорбифенил.

При расчете объема разбавления для известных нерадиоактивных опасных химических элементов в захороненных отходах получается, что общий объем разбавления меньше объема водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн, и составляет около 4 % от объема этого горизонта. Однако информация по отходам опасных химических веществ еще менее полна, чем информация по радионуклидам. По многим площадкам нет данных о количествах захороненных опасных химических отходов. Кроме того, в отличие от радионуклидов, Закон о приемлемом качестве питьевой воды не устанавливает предельно допустимых концентраций для многих опасных химических веществ. Неопределенности, создаваемые некоторыми опасными химическими веществами, возрастают в силу того, что они могут изменять свойства почвы и увеличивать или уменьшать

подвижность других загрязняющих веществ, в том числе и радионуклидов.

С 1954 г. жидкие отходы от репроцессинга хранились в восемнадцати подземных нержавеющих стальных контейнерах на площадке, называемой “контейнерная ферма”. В основном это были высокоактивные отходы репроцессинга отработанного топлива военно-морских реакторов. Кроме того, там хранятся и некоторые отверженные (“кальцинированные”) высокоактивные отходы. Известно, что загрязняющие вещества, проникшие в почву в результате утечки или случайно пролитые, движутся через почву “контейнерной фермы” в зону подземных вод, не связанных с нижележащими горизонтами. Основные радиоактивные загрязняющие вещества в почве “контейнерной фермы” — америций-241, стронций-90, цезий-137, европий-154, плутоний-238, плутоний-239/240, плутоний-241 и уран-235, а среди основных нерадиоактивных загрязняющих веществ — ртуть и нитраты. Пока по поводу очистки и восстановления почвы “контейнерной фермы” никакого решения не принято, поскольку имеющаяся в настоящее время информация о характере и степени загрязнения “контейнерной фермы” считается недостаточной.

Выводы

Имеется достаточно оснований для вывода о том, что захороненные отходы INEEL представляют непосредственную угрозу водоносному горизонту Снейк-Ривер-Плэйн и всем зависящим от него людям. В целом теоретические, экспериментальные и полевые данные о быстрой миграции плутония и америция через зону аэрации весьма убедительны и являются более чем достаточным основанием для принятия срочных мер по очистке захороненных отходов. Основной технический и политический подход к защите водных ресурсов должен состоять в извлечении захороненных отходов, прекращении ведущихся и планируемых захоронений, а также в очистке и восстановлении, насколько это возможно, зоны аэрации. Основные рекомендации IEER приведены на с. 7.

1. Эта статья основана на докладе IEER *Poison in the Vadose Zone: An examination of threats to the Snake River Plain aquifer from the Idaho National Engineering and Environmental Laboratory*. Если особо не оговорено, все ссылки можно найти в этом докладе.
2. Несмотря на то, что в захороненных отходах содержится большое количество трития, особой опасности загрязнения им водоносного горизонта Снейк-Ривер-Плэйн за пределами INEEL нет, поскольку тритий распадается относительно быстро по сравнению с временем его переноса до границ INEEL.
3. По оценкам имеется также около 65 кг плутония-240. Нижняя и верхняя границы для общего количества плутония-239/240 оцениваются соответственно в 0,8 и 1,5 т.
4. Об ограничениях этого подхода см. на с. 83 доклада.

Новые материалы на русском языке в Интернете на сайте IEER

IEER расширяет свой сайт в Интернете на русском языке. Нижес приведен список материалов, которые сейчас можно найти на нашем сайте. В дальнейшем мы будем продолжать добавлять новые материалы.

- » Все предыдущие номера Энергетики и безопасности
<http://www.ieer.org/ensec/russmain.html>
- » Стоп MOX!
Периодическое электронное издание, освещающее события в области международных MOX-программ и новости движения против использования MOX-топлива, 2000—2001 г.
<http://www.ieer.org/russian/stopmox.html>
- » Снижение боеготовности ядерных сил России и США путь к уменьшению ядерной угрозы
Книга Института мировой экономики и международных отношений Российской академии наук (ИМЭМО РАН), 2001 г.
<http://www.ieer.org/russian/pubs/dlrbk-r.html>
- » Обращение к президентам России и США по снижению боеготовности, ноябрь 2001 г.
<http://www.ieer.org/russian/dltstmtr.html>
- » Выступление Мишель Байд, международного координатора по связям с общественностью, в Институте мировой экономики и международных отношений Российской академии наук (ИМЭМО РАН), 30 октября 2001 г.
<http://www.ieer.org/russian/pubs/dlrbtmb-r.html>
- » Размышления по поводу 11 сентября 2001 г. Аржун Макхиджани, 20 сентября 2001 г.
<http://www.ieer.org/comments/sept11ru.html>
- » Призыв к проведению встреч в день рождения Ганди, 2 октября, для рассмотрения вариантов ненасильственной ответной реакции на трагедию 11 сентября, сентябрь 2001 г.
<http://www.ieer.org/comments/oct2ru.html>