



А.В. Яблоков



«ЧУДИЦЕ ОБЛО, ОЗОРНО, ОГРОМНО, СТОЗЕВНО И ЛАЙЯ...»

Рассказ эколога об атомной индустрии

Иркутская региональная общественная организация
«Байкальская Экологическая Волна»

А.В. Яблоков

«ЧУДИЩЕ ОБЛО, ОЗОРНО,
ОГРОМНО, СТОЗЕВНО И ЛАЙЯ...»

Рассказ эколога об атомной индустрии

Иркутск 2009

УДК 577.391
ББК 28.081.28
Я 14

Издание осуществлено на средства экологической премии Голдмана, присуждённой в 2008 году Марине Рихвановой («Байкальская Экологическая Волна»)

Я 14 Яблоков А.В. «ЧУДИЩЕ ОБЛО, ОЗОРНО, ОГРОМНО, СТОЗЕВНО И ЛАЙЯ...»: Рассказ эколога об атомной индустрии. — Иркутск: «Байкальская Экологическая Волна», 2009. — 132 с.: ил. — ISBN 978-5-91344-143-0

Книга представляет популярный обзор экологических проблем атомной индустрии, которые заставляют считать эту отрасль неприемлемо опасной.

На большом фактическом материале, относящемся как к российской, так и зарубежной атомной индустрии, описываются разнообразные последствия, к которым приводит развитие и распространение ядерной энергетики и атомных технологий в целом. Отдельно рассматриваются радиационные проблемы Иркутской области и других регионов Восточной Сибири.

Для широкого круга читателей, интересующихся проблемами экологии, радиобиологии, энергетики.

Рецензенты: доктор физико-математических наук *С.Э. Коренблит*
(Иркутский государственный университет);
кандидат физико-математических наук *Б.П. Черняго*
(Институт геохимии СО РАН)

Фото на обложке: Каскад газовых центрифуг на заводе по обогащению урана Ангарского электролизного химического комбината (фото: АЭХК).
Контейнеры с обеднённым гексафторидом урана, хранящиеся под открытым небом (фото: www.energy.gov).
Балаковская АЭС (фото: www.rosatom.ru).
Предупреждающий знак на берегу технологического пруда Сибирского химического комбината, устроенного в русле бывшей речки Ромашка (фото: <http://crazys.info>).
4-й реакторный блок Чернобыльской АЭС после катастрофы в апреле 1986 г. (фото: <http://pripyat.com>).
«Биороботы» — чернобыльские ликвидаторы, очищающие крышу 3-го блока Чернобыльской АЭС от радиоактивных обломков, июнь 1986 г. Засветы снизу на фотографии — результат высокого уровня радиации (фото: Игорь Костин, www.lookatme.ru).
Современный вид мёртвого города атомщиков Припять, брошенного людьми после аварии на Чернобыльской АЭС (фото: Михаил Архипов, <http://venividi.ru>).
Протестное полотнище против развития атомной энергетики с пикета в Иркутске 26 апреля 2009 г. (фото: «Байкальская Экологическая Волна»).

© Яблоков А.В., 2009
© «Байкальская Экологическая Волна», 2009
© Высоцкая Т.В., 2009
дизайн и оригинал-макет

ISBN 978-5-91344-143-0

Оглавление

От автора.....	5
Введение.....	6
Часто используемые сокращения.....	6
Часть I. Об ионизирующей радиации радиоактивности.....	7
Часть II. Опасности, связанные с атомной индустрией.....	12
Глава 1. Проблемы, связанные с природным ураном: добыча, обогащение и конверсия.....	12
Добыча урана.....	14
Конверсия и обогащение урана.....	16
Проблемы с ОГФУ.....	17
Зачем Росатому нужны западноевропейские «хвосты»?.....	19
Глава 2. АЭС без прикрас.....	22
Масштабы радиоактивного загрязнения среды АЭС.....	22
Влияние АЭС на живую природу, гидросферу и атмосферу.....	24
Влияние АЭС на здоровье населения.....	26
Глобальные и вечные.....	31
Глава 3. Кому нужны «мирные» ядерные взрывы?.....	34
Загрязнение атмосферы и поверхности земли.....	34
Подземное загрязнение.....	34
Влияние МЯВ на здоровье человека.....	35
МЯВ — инициаторы землетрясений.....	36
Нарушение геологической среды.....	36
Опасные планы.....	37
Глава 4. На земле, в небесах и на море.....	39
Радиоизотопные термоэлектрические генераторы на земле.....	39
Опасность атомных источников энергии в космосе.....	42
«Плавучий Чернобыль» — морская авантюра Росатома.....	45
История попыток строительства плавучей АЭС.....	45
Чем плоха плавучая АЭС?.....	47
Часть III. Три проклятья атомной индустрии.....	49
Глава 5. Куда девать РАО?.....	49
Где и сколько образуется отходов.....	49
Проблема ОЯТ.....	50
Что делают с РАО сегодня.....	51
Уничтожить ядерным взрывом? Отправить в космос?.....	53
Поможет ли трансмутация?.....	54
Глава 6. Нет безопасных атомных станций.....	55
«Скелеты в шкафу».....	55
Конструкция любой АЭС — опасна.....	56
Опасны реакторы подводных лодок и ледоколов.....	58
Стареющие АЭС становятся особенно опасными.....	59
Опасность хранилищ ОЯТ.....	59
Нет надёжной защиты от терроризма и инцидентов.....	60
Человеческий фактор — неустранимая причина атомных катастроф.....	62
Чернобыль — трагедия на века.....	62
О риске ядерных аварий без эмоций.....	66

Глава 7. Неразрывная связь атомной энергетики атомного оружия	67
Международные соглашения и национальное законодательство об оружейно-энергетической связи.....	68
Физические основы оружейно-энергетической связи.....	68
Источники энергии на АЭС и в атомной бомбе.....	68
Производство урана-235 и плутония.....	69
Часть IV. Атом в Восточной Сибири	72
Глава 8. Добыча урана и тория в Восточной Сибири	72
Приаргунское производственное горно-химическое объединение.....	72
Урановые планы Забайкальского края.....	73
Последствия добычи монацита в Балее.....	74
Экологические проблемы добычи урана в Бурятии.....	75
Хиагдинское месторождение.....	75
Талаканское месторождение.....	76
Урановые планы Якутии.....	76
Глава 9. Предприятия ядерно-топливного цикла Восточной Сибири	77
Горно-химический комбинат (Железногорск, бывший Красноярск-26).....	77
Электрохимический завод (Зеленогорск, бывший Красноярск-45).....	80
Ангарский электролизный химический комбинат.....	80
Глава 10. Атомная бомба под ногами: ядерные взрывы в Восточной Сибири	92
Глава 11. Радиационное эхо «холодной войны» и Чернобыля в Восточной Сибири	99
Распределение радионуклидов после атмосферных взрывов.....	100
Последствия радиоактивных выпадений от ядерных испытаний для здоровья.....	105
Часть V. Пospорим с атомщиками	109
1. О влиянии естественной радиоактивности.....	109
2. О малости добавки к естественному облучению.....	111
3. Каков действительно риск от атомной индустрии?.....	111
4. Сравнение тепловой и атомной энергетики.....	113
5. Атомная энергетика поможет остановить изменение климата?.....	114
6. Атомная энергетика экономически выгодна?.....	115
Заключение	117
Рекомендуемая литература	118
Работы по радиоэкологии Восточной Сибири	120
Приложение 1. Основные понятия, единицы измерения радиоактивности и нормы радиационной безопасности	123
Приложение 2. Об уровнях природного радиоактивного излучения в Иркутской области	127
Приложение 3. Атомный архипелаг (карта атомных объектов и загрязнённых территорий России)	128

От автора

Я с удовольствием откликнулся на просьбу «Байкальской Экологической Волны» написать популярную краткую сводку об экологических проблемах атомной индустрии. Задача брошюры — вооружить активистов зелёного движения (и интересующихся граждан) базовыми данными об опасностях атомной индустрии, дать аргументы для споров с атомщиками, в которых мы, зелёные, должны победить — чтобы атомщики не натворили на Земле новых бед. Эта книжка основана на серии моих публикаций, вышедших в 1999–2007 гг., в том числе:

- ... Атомная мифология. Заметки эколога об атомной индустрии. М.: Наука, 1997. 272 с.
- ... Миф о безопасности атомных энергетических установок. М.: ЦЭПР, 2000. 88 с.
- ... Миф о необходимости строительства атомных станций. М.: ЦЭПР, 2000. 84 с.
- ... Миф об экологической чистоте атомной энергетики. М.: ЦЭПР, 2001. 136 с.
- ... Миф о безопасности малых доз радиации. М.: ЦЭПР, 2002. 178 с.
- ... Миф о безопасности и эффективности подземных ядерных взрывов. М.: ЦЭПР, 2003. 176 с.
- ... Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. СПб: Наука, 2007. 376 с. (в соавторстве с В.Б. Нестеренко и А.В. Нестеренко).
- ... Chernobyl: consequences of the Catastrophe for people and nature. Enlarged and Revised Edition // New York Academy of Sciences, Annals. 2009, № 1171. 453 p. (co-authors: V. Nesterenko, A. Nesterenko).

Я благодарен всем, кто при подготовке этого издания предоставил мне новые материалы, обратил внимание на какие-то вопросы, помог советами и консультациями, и в том числе: Г. Аносовой, Е. Бурлаковой, В. Кузнецову, Л. Максимову, В. Медведеву, В. Меньщикову, Н. Мироновой, А. Никитину, А. Ожаровскому, Л. Рихванову, В. Сливяку, А. Торопову, В. Чупрову, С. Шапхаеву, С. Шираповой. Особая благодарность С. Коренблиту, Б. Черняго и Ю. Жилиной — первым читателям и критикам рукописи, — за многочисленные критические замечания и конструктивные предложения по содержанию и изложению материала.

Я буду признателен всем, кто сообщит мне о вкравшихся неточностях, новых материалах и желательных темах для обсуждения в проблеме экологических последствий развития атомной индустрии по адресу: Yablokov@ecopolicy.ru.

*Алексей Яблоков,
Москва–Петрушово, июнь 2009 г.*

Введение

Эта книжка об опасностях для живой природы и человека, связанных с ионизирующей радиацией, той, которая возникает в результате превращения одного атома в другой с выделением потока заряженных или нейтральных частиц и квантов электромагнитного излучения. Эта опасность, наверное, самая большая из всех, которые создавал человек за всё время существования рода человеческого. Эта опасность теперь рядом с каждым — в любом глотке чистого воздуха или воды есть атомы созданных человеком радионуклидов, опасные для живого, и практически в любом регионе России есть особо опасные радиационные объекты.

Эта брошюра, конечно же, не охватывает все опасные аспекты атомной индустрии — об этом написаны многие тома (см. список рекомендуемой литературы в конце). В короткой первой части содержатся базовые данные о радиоактивности и облучении. Во второй части — разноплановый портрет атомной индустрии. Третья часть посвящена трём главным проблемам «мирного атома», которые заставляют считать эту отрасль неприемлемо опасной. Четвёртая часть — краткий обзор радиационных проблем, связанных с Иркутской областью и другими регионами Восточной Сибири. Книга завершается короткой главой, в которой даются ответы на некоторые распространённые пропагандистские утверждения атомщиков.

Популярный характер брошюры не позволяет дать все ссылки на те или иные источники данных и цитат. Желающие ознакомиться с первоисточниками могут найти на них ссылки в других моих работах, а также в других изданиях (см. список рекомендуемой литературы).

Часто используемые сокращения

АЭС	атомная электростанция
Бк	Беккерель, единица измерения скорости радиоактивного распада (активности) атомных ядер
ВВЭР	водо-водяной энергетический реактор
ГФУ	гексафторид урана
Ки	Кюри, внесистемная единица активности радиоактивных изотопов
МЯВ	«мирный» ядерный взрыв (подземный взрыв в мирных целях)
ОГФУ	обеднённый гексафторид урана (отвалы обогатительного производства)
ОЯТ	отработавшее ядерное топливо
РАО	радиоактивные отходы
РБМК	реактор большой мощности, канальный (до того как он взорвался на ЧАЭС, его, как эталон безопасности, предлагалось установить на Красной площади в Москве)
РИТЭГ	радиоизотопный термоэлектрический генератор
ТВС	тепловыделяющая сборка
ЯТЦ	ядерный топливный цикл

ЧАСТЬ I

Об ионизирующей радиации и радиоактивности

Общие представления об ионизирующей радиации как физическом явлении важны для того, чтобы была более понятна тревога зелёных по поводу опасностей, связанных с «мирным атомом».

1 Все химические элементы состоят из атомов. Центральная часть атома — атомное ядро, бывает стабильным, неизменным во времени, или нестабильным, радиоактивным (*радионуклид*), т.е. самопроизвольно распадающимся с испусканием разного рода частиц (среди них электрон, позитрон, протон, нейтрон, электронное нейтрино, фотон). Никакие известные нам иные воздействия (химические, механические, электрические) не могут ни ускорить, ни замедлить скорость этого естественного распада.

2 Важнейшей физической характеристикой нестабильных ядер является их средний период полураспада (t) — время, за которое исходное число ядер исходного химического элемента уменьшается вдвое. За период распада (T) принимается время, равное десяти периодам полураспада, $T=10 t$, за это время их число уменьшается в $2^{10}=1024$ раза. То есть период естественного распада — время, за которое почти весь радионуклид превращается в стабильный и радиационно безопасный элемент. Оно может быть и доли секунды (*у короткоживущих* радионуклидов), и сотни миллиардов лет (*у долгоживущих* радионуклидов). Радиоактивный распад сопровождается испусканием одной или нескольких частиц (альфа-, бета-, гамма-частицы, нейтроны, протоны и др.), что, собственно, и называется «радиацией», или «ионизирующим излучением».

3 Ядра элементов с суммарным числом протонов и нейтронов в ядре (т.е. массовым числом) больше 100 могут делиться самопроизвольно или при воздействии на них нейтронами, протонами и другими ядерными частицами. Это деление ядра сопровождается выходом вторичных нейтронов деления, гамма-излучением и выделением огромного количества энергии («атомная энергия»). При делении некоторых ядер число вылетающих нейтронов может существенно превышать число нейтронов, поглощённых в процессе этого деления. Так может возникнуть *самоподдерживающаяся цепная ядерная реакция* (СЦР). Осколки деления, возникшие в ходе такой цепной реакции, сами являются радиоактивными (нестабильными) и распадаются с излучением элементарных частиц, пока не возникнут стабильные атомы. Известно более 60 цепочек радиоактивного распада (рис. 1).

На Земле известно свыше трёх тысяч радиоактивных (нестабильных) изотопов (подавляющее большинство возникает в результате инициированных человеком атомных реакций) и около 300 стабильных изотопов, замыкающих цепочки распада.

4 При альфа-распаде ядром испускается альфа-частица, состоящая из двух протонов и двух нейтронов (это состав атомного ядра элемента гелия), при бета-распаде — отрицательно (электрон) или положительно (позитрон) заряженные элементарные частицы (бета-частицы). Альфа- и бета-распад часто сопровождаются выбросом

Рисунок 1**Цепочка распада урана-238**

В ядре урана-238 протоны и нейтроны едва удерживаются вместе. Время от времени из него вырывается альфа-частица (два протона и два нейтрона). Уран-238 превращается в торий-234. Один из нейтронов тория-234 превращается в протон, возникает очень нестабильный протактиний-234 и т.д. Эти и дальнейшие превращения сопровождаются альфа- и бета-излучениями. Вся цепочка завершается образованием стабильного свинца-206.

Вид излучения	Нуклид	Период полураспада
α	Уран-238	4,47 млрд лет
β	Торий-234	24,1 суток
β	Протактиний-234	1,17 минут
α	Уран-234	245 000 лет
α	Торий-230	8 000 лет
α	Радий-226	1 600 лет
α	Радон-222	3,823 суток
α	Полоний-218	3,05 минут
β	Свинец-214	26,8 минут
β	Висмут-214	19,7 минут
α	Полоний-214	0,000164 сек
β	Свинец-210	22,3 лет
β	Висмут-210	5,01 суток
α	Полоний-210	138,4 суток
	Свинец-206	Стабильный

Грачёв Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений: Учеб. курс (http://grachev.distudy.ru/Uch_kurs/sredstva/Temp1_2/templ_2_1.htm)

порции энергии электромагнитного поля, называемой гамма-излучением. Электромагнитное гамма-излучение выделяется также при столкновении нейтрона с ядром. Энергия альфа, бета- и гамма-излучения в миллионы раз больше энергии солнечного излучения — и в этом её опасность для живого (рис. 2).

5 В тех сгустках материи, которые мы видим на ночном небе в виде звёзд (ближайшая к нам звезда — Солнце), температура достигает многих миллионов градусов. При таких температурах нет ни молекул, ни атомов, а есть только плазма — «голые» ядра в электронном «газе». В плазме идут только ядерные реакции, в отличие от земных условий, где идут, в основном, химические реакции (взаимодействие молекул). В земной коре от времён зарождения Земли из плазмы (космического вещества) до начала расщепления ядра человеком в XX в. оставались только четыре нестабильных (радиоактивных) элемента, период распада которых измеряется многими миллиардами лет, а также те, которые возникают постоянно под влиянием поступающего на Землю космического излучения. Среди первых изотопы калий-40 (период распада 12,8 млрд лет), где число при названии элемента — массовое число или атомный вес его ядра (в единицах массы протона), уран-238 (период распада 45 млрд лет), торий-232 (период распада 140 млрд лет) и рубидий-87 (период распада 610 млрд лет), а также продукты их распада (в том числе радий и радон). Среди вторых (постоянно возникающих под воздействием космического излучения на атомы веществ, находящихся в атмосфере) — водород-3 (тритий, период распада 123 года), бериллий-7 (период распада около 1,5 лет), углерод-14 (период распада 57 тыс. лет) и натрий-22 (период распада 26 лет).

6 Возникающие в ходе атомных реакций альфа- и бета-частицы, протоны и электроны, пронизывая протоплазму и ядра клеток, неизбежно разрушают сложные органические молекулы, нарушают нормальное течение биохимических превращений белков, жиров и углеводов, из которых состоит любой живой организм. Ионизирующее излу-

чение разрушает и структуру «спиралей жизни» (молекул ДНК) — главных управляющих систем для построения и функционирования органов и тканей. Влияние ионизирующего излучения на ДНК соматических клеток (из них состоят все органы и ткани) может вести к их перепрограммированию с нормального на злокачественный рост и возникновению разного рода заболеваний. Влияние ионизирующего излучения на ДНК генеративных клеток (мужских — сперматозоидов, и женских — яйцеклеток) ведёт к возникновению наследственных заболеваний, патологий и уродств не только в следующем, но и в чреде будущих поколений. В этом неизбежном возникновении «долгоиграющих» генетических изменений одно из самых важных отличий радиационно-загрязнения биосферы от всех других.

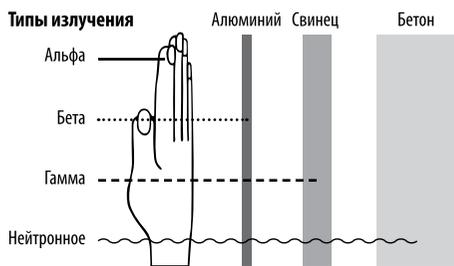
7 Естественное облучение от радиоизотопов в земной коре и от космического излучения определяет существование спонтанного мутационного процесса — возникновения изменений в генетической системе, которые происходят с частотой около 1 мутации на 10 000-40 000 гамет в каждом гене в каждом поколении. Эти мутации являются исходным материалом для процесса естественного отбора, в результате которого возникают все новые свойства, признаки и виды в процессе органической эволюции. Единицы измерения уровня облучения описываются в конце брошюры в словаре основных радиобиологических терминов (Приложение 1).

8 В первые сотни миллионов лет после образования Земли уровень облучения на поверхности планеты был, вероятно, в тысячи раз выше. Поэтому даже после охлаждения земной коры на поверхности Земли вначале смогли возникнуть и развиваться лишь самые примитивные, устойчивые к радиации микроорганизмы. Но в результате их жизнедеятельности возникла первичная атмосфера, защищавшая поверхность Земли от потока смертоносного космического излучения (которое по интенсивности беспрепятственно доходящего до поверхности Земли излучения могло быть и больше уровня радиоактивности самой земной коры). Эта атмосферная защита от радиации дала возможность развития более сложных форм жизни. Одновременно в земной коре шли процессы превращения большинства радиоактивных, нестабильных атомов в стабильные в результате процесса естественного распада. По-видимому, около 2-2,5 млрд лет тому назад суммарный уровень радиации на поверхности нашей планеты сократился в сотни раз по сравнению с уровнем в период образования Земли. Снижение радиоактивности стало важным условием развития всё более сложных форм растений и животных.

9 В ходе развития Земли как космического тела фоновый уровень облучения на поверхности Земли продолжал снижаться — как в результате всё более плотной, насыщаемой продуктами жизнедеятельности живых организмов (не только микроорганизмов, но и растений и животных) атмосферы, так и естественного распада радионуклидов в земной коре. По-видимому, около 50 млн лет назад уровень облучения на поверхности Земли приблизился к современному. Не исключено, что это обстоятельство сыграло важную роль в возникновении и развитии приматов и, в конце концов, рода

Рисунок 2

Проникающая способность различных видов радиации



Nuclear power: Only problems — No solutions. Facts and figures about nuclear power. 2007 (http://www.million-against-nuclear.net/million_brochure_all_72dpi.pdf)

Ното (Человека). Можно сделать вывод: развитие и совершенствование форм живого на Земле шло параллельно со значительным снижением уровня радиоактивного облучения на поверхности планеты, определяемого первично космическим излучением и радиоактивностью земной коры.

10 Радиоактивная ситуация на Земле принципиально изменилась в середине XX в. в результате овладения Человеком процессом расщепления атомного ядра: *снижение уровня облучения на поверхности Земли сменилось его повышением*. Это произошло в результате возникновения в созданных Человеком атомных реакторах сотен радиоактивных изотопов, в том числе таких, которых миллиарды лет не было в заметном количестве на Земле. Сделано это было для создания атомного оружия и для нагревания водяного пара, вращающего турбины атомных электростанций.

11 Локальное увеличение уровня техногенной радиации на поверхности планеты происходило и раньше — в местах любых значительных перемещений горных пород и ископаемых, например, при добыче каменного угля, нефти, газа, различных руд. Во всех таких случаях на дневную поверхность попадали естественные радионуклиды, до того находившиеся под землёй, что увеличивало местами фоновый уровень облучения. Однако есть принципиальное отличие результатов процесса переноса естественных радионуклидов из глубин Земли от результатов «овладения» человеком атомной энергией: во втором случае возникают новые для современной биосферы радионуклиды.

В табл. 1 приведены основные, распространённые ныне в биосфере, естественные и антропогенные радионуклиды, которые оказываются значимыми источниками ионизирующего излучения, и их происхождение.

12 В результате биоаккумуляции (накопления радионуклидов в живых организмах) безопасные по существующим нормам концентрации радионуклидов в воде и почве могут приводить к опасному радиационному загрязнению грибов, ягод, рыбы, дичи. Опасность таится и в особенностях миграций техногенных радионуклидов в экосистемах. Например, через 15-20 лет после Чернобыльской катастрофы цезий-137 и стронций-90 погрузились в глубокие слои почвы, и почва сверху стала мало-загрязнённой. Но из глубоких слоёв почвы эти радионуклиды стали извлекаться корнями растений. В результате территории, бывшие радиационно безопасными, вновь стали опасными.

Обычно демонстрируемое атомщиками чувство превосходства, основанное на том, что они научились расщеплять ядро урана и освобождать огромную энергию, сродни восторгу младенца, в руки которого попал коробок спичек и который бездумно спалил собственный дом. За 23 года до создания атомной бомбы (и на этой основе через несколько лет — атомных станций) великий В.И. Вернадский писал об атомной энергии: *«Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить её на добро, а не на самоуничтожение?»** Атомщики не вняли этому пророческому предупреждению...

* Вернадский В.И. Очерки и речи. М.: НХТИ, 1922. Вып. 1. С. 8.

Таблица 1**Основные радионуклиды в биосфере и их происхождение**

Радионуклид	Источник
Калий-40, углерод-14, бериллий-7, уран-235, уран-238, торий-232, радон-222, рубидий-87	Естественная радиоактивность (земная кора и космическое излучение)
Свинец-210, радий-226, торий-232, уран-238, уран-235, полоний -210, радон-222	Добыча урана
Тритий, углерод-14, марганец-54, железо-55, цинк-65, криптон-85, стронций-89, стронций-90, рутений-106, йод-131, цезий-137, барий-140, церий-144, плутоний-238, плутоний-239, плутоний-240, плутоний-241, америций-241	Испытания и применение ядерного оружия
Марганец-54, серебро-110, кобальт-58 и 60, сурьма-124, сурьма-125, йод-129, йод-131, цезий-134, цезий-137, тритий, углерод-14, криптон-85	Ежедневные выбросы и сбросы АЭС
Марганец-54, кобальт-58 и 60, стронций-90, рутений-103, рутений-106, родий-106, серебро-110, сурьма-125, цезий-137, церий-144, празеодим-144, плутоний-238, плутоний-239, плутоний-240, америций-241, криптон-85	Переработка отработавшего ядерного топлива
Рутений-103, рутений-106, родий-106, цезий-134, цезий-137, йод-131, стронций-90	Ядерные техногенные аварии

Составлена по данным разных авторов

ЧАСТЬ II

Опасности, связанные с атомной индустрией

Атомная энергетика — это не только работа АЭС, но и нескольких тесно взаимосвязанных процессов и производств, среди которых можно выделить семь важных этапов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ):

- ... добыча урановой руды и получение из неё урана;
- ... очистка урана и его обогащение по изотопу уран-235;
- ... производство тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) и их сборок (ТВС)*;
- ... работа атомного реактора: регулируемая цепная реакция с получением большого количества тепла и образованием нескольких сотен новых радионуклидов;
- ... выдержка и хранение извлечённых из реактора ТВС с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) в течение нескольких лет в хранилище на АЭС;
- ... хранение в безопасных условиях (или переработка) «остывших» ТВС;
- ... захоронение ТВС и других долгоживущих радиоактивных отходов, возникающих в ЯТЦ (рис. 3).

ГЛАВА 1

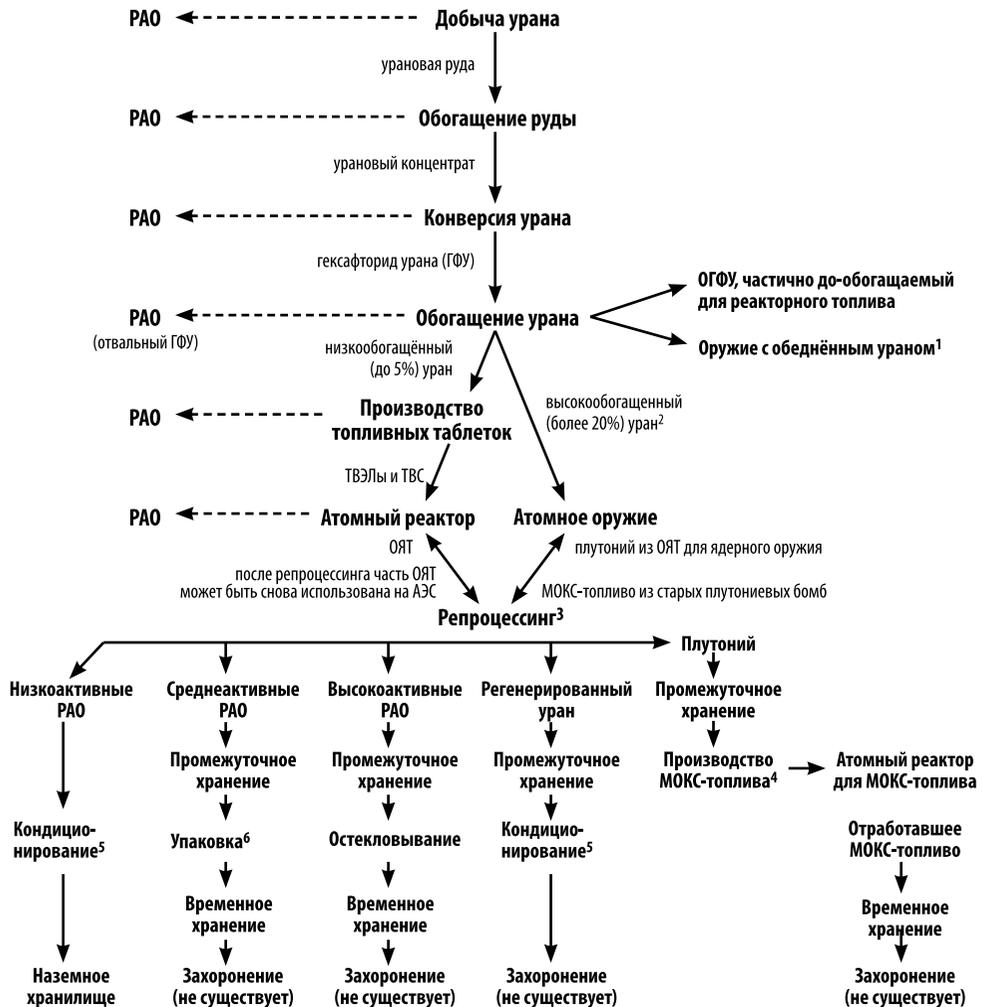
Проблемы, связанные с природным ураном: добыча, обогащение и конверсия

Природный уран представляет смесь трёх изотопов: уран-238 — 99,284%, уран-235 — 0,711% и уран-234 — 0,005%. На природном уране могут работать только атомные реакторы с замедлителем нейтронов в виде тяжёлой воды. В большинстве существующих (легководных, типа ВВЭР) атомных реакторах для начала цепной реакции необходимо урановое топливо с 2-5%-ным содержанием урана-235, для топлива атомного реактора на быстрых нейтронах необходимо топливо с концентрацией урана-235 около 10%, для реактора ледокола или атомной подводной лодки — около 40%, а для атомной бомбы — не меньше 80%. Так возникает задача обогащения урана изотопом уран-235.

* Тепловыделяющая сборка (ТВС) — обычно шестигранный пучок тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), изготовленный из нержавеющей стали или сплава циркония (для уменьшения поглощения нейтронов). ТВЭЛы содержат урановые таблетки — ядерное топливо. Внутри них и происходит выделение тепла за счёт ядерной реакции. В одной ТВС обычно содержится 150-350 ТВЭЛов, в активную зону реактора обычно помещается 200-450 ТВС (Википедия; http://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловыделяющая_сборка). — Прим. ред.

Рисунок 3

Полная схема ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), неразрывно связанного с оружейным комплексом, — цепочка взаимосвязанных производств от добычи урана до захоронения (не осуществляемого на самом деле нигде в мире) образующихся на каждой стадии радиоактивных отходов (РАО)



¹ Обеднённый уран используется также в гражданских целях в качестве балласта (в самолётах, ракетах, парусниках, на морских нефтяных станциях), для радиационной защиты (в медицинской лучевой терапии, контейнерах, используемых для транспортировки радиоактивных материалов).

² Высокообогащённый уран используется также в судовых и корабельных реакторах, ЯЭУ на космических аппаратах и планируется для использования в реакторах плавучих АЭС.

³ Репроцессинг — переработка ОЯТ с целью получения невыгоревшего урана-235, оставшегося урана-238 и возникшего плутония.

⁴ МОКС-топливо — смешанное уран-плутониевое топливо из диоксидов урана (UO_2) и плутония (PuO_2) для реакторов на быстрых и тепловых нейтронах.

⁵ Кондиционирование — перевод РАО в форму, пригодную для транспортирования и хранения.

⁶ Упаковка — помещение РАО в бетонные, свинцовые и другие контейнеры и ёмкости на время, достаточное для распада радиоизотопов.

Добыча урана

Когда в СССР для создания атомного оружия создавалась урановая промышленность, 270 геологоразведочных партий специально созданного Первого Главного управления Министерства геологии СССР на протяжении нескольких десятилетий исследовали всю территорию страны и открыли сотни месторождений урана. Большинство обнаруженных месторождений урана оказалось непригодными для промышленной разработки. На территории России добыча урана начиналась в Ставропольском крае (окрестности г. Лермонтова), в Калмыкии, Оренбургской области и Забайкальском крае.

Есть урановые месторождения и рядом с Байкалом — на территории Бурятии и Забайкальского края. Урановая руда Забайкалья содержит 0,05-0,5% урана (на месторождении «Антей» в Забайкальском крае — до 12,5% урана).

Добыча урана ведётся либо посредством первичной добычи руды и её механической переработки, либо с помощью выщелачивания на месте залегания руды. Добыча урановой руды происходит подземным или карьерным (открытым) способами. Первым способом в мире добывается около 40% руды, вторым — около 28%. Ещё около 11% урана в мире добывается попутно с добычей полиметаллов и золота.

Добытая руда сортируется по содержанию урана и обогащается с помощью гравитационного и других методов и магнитной сепарации. Богатая ураном руда («балансовая») измельчается в шаровых мельницах до частиц диаметром около 0,1 мм. После сгущения в отстойниках пульпа поступает на выщелачивание.

Процесс первичной переработки урановой руды — экологически грязное производство: на каждую тонну получаемого урана образуются сотни тонн слабоактивных отходов. В районах расположения таких отвалов рудных пород мощность радиоактивного гамма-излучения и альфа-излучающих радионуклидов в десятки, а порой и в сотни раз выше естественного фона. Кроме твёрдых отходов в процессе добычи руды возникает большое количество жидких отходов в составе рудничных и сточных вод. Например, при производстве годичного запаса топлива для реактора ВВЭР-1000 возникает около 450 тыс. м³ сточных радиоактивных вод. Концентрация радона в рудничных водах увеличена в 100-500 раз по сравнению с фоновой. В водоёмах, куда попадают рудничные и сточные воды, обнаруживаются в опасных концентрациях радионуклиды полоний-210, свинец-210, торий-230. Кроме того, в донных отложениях всегда накапливаются радионуклиды радия и урана.

Урановые рудники служат и источником радиоактивного загрязнения атмосферы радоном-222, торием-230, радием-226, полонием-210, свинцом-210 и ураном через вентиляционные выбросы шахт, а также от пыления и выделения радона из отвалов отработанных пород и хвостохранилищ. Радиоактивные продукты распада радона (полоний-210, свинец-210 и их продукты распада) обнаруживаются за много километров от рудников.

Сейчас чаще при добыче урана применяется метод выщелачивания, когда руда обрабатывается раствором серной или азотной кислот. Кислота растворяет минералы урана, и уран извлекается из образовавшегося раствора. При кучном выщелачивании реагентами обрабатывается руда, поднятая на поверхность. При подземном выщелачивании руда обрабатывается на месте её залегания, под землёй. Метод подземного выщелачивания получает всё более широкое распространение, поскольку позволяет извлекать уран из «убогих» (содержание урана 0,03-0,05%) и «забалансовых» (содержание урана меньше 0,03%) руд. При подземном выщелачивании резко сокращаются площади нарушенных земель, объём вод, сбрасываемых в поверхностные водоёмы, и загрязнение атмосферы радиоактивной пылью и радоном. Однако при подземном выщелачивании природные радионуклиды урана и его производных переходят в подвижное состояние и могут распространяться

на большие расстояния, опасно загрязняя подземные и грунтовые воды.

В табл. 2 приведены данные по относительному радиационному риску загрязнения атмосферы и почвы при разных способах добычи урана. Видно, что если принять за единицу сравнения риск шахтной добычи, то и при открытой добыче в карьерах, и при кучном выщелачивании в атмосферу попадёт в несколько раз больше радионуклидов (урана и продуктов его естественного распада — см. первую строку). Выделение радона минимальное при подземном выщелачивании. При кучном выщелачивании и радиоактивное пыление, и выделение радона оказывается наибольшим, коэффициент извлечения урана — наименьшим.

В результате вдыхания радиоактивной пыли у рабочих на урановых рудниках достоверно повышена частота заболевания раком лёгких.

Полученная и первично обогащённая урановая руда подвергается гидрометаллургическому «переделу». Из добытой руды уран извлекается посредством её обработки растворами серной, соляной или азотной кислот и последующей экстракции (например, после растворения азотной кислотой уран экстрагируется в растворе трибутилфосфата в керосине). Продуктом гидрометаллургических заводов являются чистые оксиды урана (UO_2 , UO_3 , U_3O_8), очищенные от примесей (некоторые элементы, например, бор и кадмий, «отравляют» урановое топливо, захватывая нейтроны и тем мешая протеканию цепной реакции). Конечной продукцией гидрометаллургических заводов является сухой порошок оксидов урана жёлтого, зелёного или чёрного цвета (в зависимости от состава оксидов), который перевозится в герметичных контейнерах.

В результате работы гидрометаллургического завода (ГМЗ) образуются «хвосты» сортировки и обогащения урановых руд. В таких «хвостах» сохраняется до 70% первоначальной активности природного урана. Эти твёрдые радиоактивные отходы являются источником радиоактивного загрязнения окружающей среды за счёт разноса радионуклидов с пылью, водными потоками и выделениями радона в атмосферу (рис. 4). В табл. 3 представлены усреднённые данные по выбросам и сбросам радионуклидов при добыче и обогащении урана за рубежом.

Чтобы получить 1 кг природного урана, надо переработать в

Таблица 2

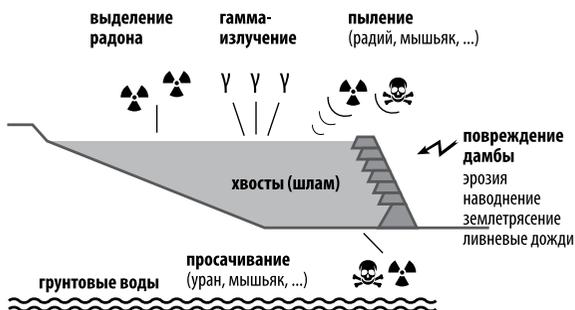
Относительный радиационный риск загрязнения атмосферы и почвы при разных способах добычи урана
(за «1» принят риск шахтной добычи)

	Рудник	Карьер	Выщелачивание	
			подземное	кучное
Радиоактивная пыль	1	2,3	Нет	3-7
Выделение радона	1	1,2	0,03	10-100
Коэффициент извлечения урана	0,70	0,81	0,88	<0,4

Росман Г.И., Быховский Л.З., Самсонов В.Г.
Хранение и захоронение радиоактивных отходов.
М.: ВИМС, 2004.

Рисунок 4

Основные экологические опасности, связанные с добычей и первичной переработкой урановой руды



Only problems — No solutions. Facts and figures about nuclear power. 2007
(http://www.million-against-nuclear.net/million_brochure_all_72dpi.pdf)

Таблица 3

Усреднённые объёмы относительных (МБк × ГВт / год) выбросов и сбросов основных радионуклидов при добыче и обогащении урана и производстве ядерного топлива за рубежом

Радионуклид	Переработка руды	Обогащение гексафторида урана	Производство ТВЭЛов
Выбросы в атмосферу			
Торий-228	0,022	-	-
Торий-230	0,40	-	-
Торий-232	0,022	-	-
Торий-234	130	1,3	0,34
Уран-234	130	1,3	0,34
Уран-235	6,1	0,06	0,0014
Сброс в водоёмы			
Радий-226	0,11	-	-
Торий-234	-	-	170
Уран-234	94	10	170
Уран-235	4,3	0,5	1,4
Уран-238	94	10	170

Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. М.: ИздАТ, 2000. С. 86.

среднем до 5 т урановой руды. При переработке 1 т урановой руды на ГМЗ возникает до 4 т жидких радиоактивных отходов. Они могут увеличивать радиоактивность подземных вод и поверхностных водоёмов в сотни раз на расстоянии в десятки километров от ГМЗ.

Хвостохранилища ГМЗ являются источником радиоактивного загрязнения атмосферы радоном, изотопами урана-234 и -238, тория-230, радия-226, полония-210 и свинца-210. Интенсивность выделения радона из хвостохранилищ может превышать естественный фон в тысячи раз. На сотни метров вокруг хвостохранилищ почва и растения загрязнены радионуклидами в результате разноса радиоактивной пыли. Мощность облучения здесь может превышать естественную в 100 раз.

В результате биоаккумуляции содержание радионуклидов в организме животных и растений, обитающих вокруг предприятий по добыче и обогащению урана, может возрастать в тысячи раз сравнительно с содержанием радионуклидов в воде и почвах. Не случайно вокруг урановых месторождений у растений отмечается карликовость, слабое развитие корней, пониженная жизнестойчивость. В дальнейшем эти радионуклиды, распространяясь по цепям питания, могут достигать организма людей, живущих далеко от этого источника радиоактивного загрязнения.

Конверсия и обогащение урана

Чтобы увеличить относительное содержание в уране изотопа уран-235 (без которого не может начаться цепная реакция), добытый природный уран переводят в газообразную форму — соль шестивалентного урана и плавиковой кислоты — гексафторид урана (UF_6). Превращение урансодержащих материалов в гексафторид урана получило название «конверсия». Оксиды урана соединяют со фтором или его соединениями BrF_3 , CCl_3F (фреон-11) или CCl_2F_2 (фреон-12). Гексафторид урана — единственное стабильное и легколетучее соединение урана. Гексафторид урана — кристаллы, легко переходящие в газообразное состояние при нормальном давлении и нагревании до 56 °С. Гексафторид урана разъедает большинство металлов, и большая часть оборудования для работы с гексафторидом урана сделана из алюминия либо покрыта слоем никеля.

Самые распространённые методы обогащения урана по U-235 — газодиффузный и центрифужный. При использовании газодиффузного метода газообразный гексафторид урана вводится под давлением в камеру с пористым фильтром. Молекулы урана-235 несколько быстрее молекул урана-238 проходят через фильтр, и их концентрация после фильтра будет немного больше. Для получения урана низкого обогащения (около 4% по

урану-235) процесс газовой диффузии надо повторить около тысячи раз. Для получения высокообогащённого урана — много тысяч раз.

В СССР в годы холодной войны для получения обогащённого урана были созданы четыре завода: Уральский электрохимический комбинат в Свердловске-44 (Новоуральск), Сибирский химический комбинат в Томске-7 (Северск), Электрохимический завод в Красноярске-45 (Зеленогорск) и Ангарский электролизный химический комбинат в Ангарске.

При центрифужном методе более тяжёлые молекулы урана-238 отбрасываются центробежной силой к стенкам быстро вращающейся центрифуги, и слой газа вблизи оси центрифуги оказывается обогащённым ураном-235. Для получения такой же степени обогащения, как при газодиффузионном методе, центрифужный требует в сто раз меньше ступеней обогащения и в десять раз меньше электроэнергии. С 1992 г. все российские заводы по обогащению урана используют только центрифужный метод.

В результате обогащения гексафторида урана изотопом U-235 (и, соответственно, снижения относительного количества изотопа U-238) получается обогащённый и обеднённый гексафторид.

Обеднённый («отвалный») гексафторид урана (ОГФУ) в два раза менее радиоактивен, чем природный уран (в основном, за счёт удаления из него вместе с изотопом U-235 также и изотопа U-234). Чтобы получить 1 кг обогащённого до 5% урана, требуется 7-12 кг природного урана. Таким образом, около 90% добытого урана при обогащении уходит в отвал.

Необходимо отметить, что в результате работы по обогащению урана выбрасывается много фреонов — соединений фтора, которые в атмосфере действуют как парниковые газы и одновременно разрушают озоновый слой Земли.

Проблемы с ОГФУ

В мире около 85% полученного обеднённого урана хранится в виде конденсата гексафторида в стальных цистернах на открытых площадках.

ОГФУ — опасное вещество, безопасное хранение которого технологически сложно. Хотя и в США, и в Великобритании, и во Франции ОГФУ хранится, как и в России, на открытых площадках, его хранение опасно, поскольку при контакте с парами воды (всегда содержащимися в атмосферном воздухе), он образует высокотоксичные уранилфторид (UO_2F_2) и плавиковую кислоту (HF)*. Поэтому цистерны должны регулярно проверяться для ликвидации коррозии и утечек.

Зал обогатительных центрифуг на Ангарском электролизном химическом комбинате



Рекламный проспект АЭХК

* Химическое уравнение этой реакции: $\text{UF}_6 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{UO}_2\text{F}_2 + 4\text{HF} + \text{тепло}$. Плавиковая кислота (HF) разъедает даже стекло, опасна при попадании на кожу, при вдыхании паров кислоты поражаются лёгкие, а затем и почки. Способна привести к летальному исходу. Уранилфторид (UO_2F_2), как уран и его легко растворимые соединения, токсичен. При попадании в организм действует на все органы, являясь общеклеточным ядом. См. подробнее гл. 9. — *Прим. ред.*

По зарубежным оценкам, срок службы стальных цистерн составляет несколько десятилетий. При разгерметизации всего десятка из тысяч контейнеров с ОГФУ расчётная зона возможного смертельного поражения даже при слабом ветре достигает 9 км.

Аварии при хранении ОГФУ известны, из недавних — утечка ОГФУ в декабре 2003 г. на заводе «Honeywell» в штате Иллинойс, США с эвакуацией окрестного населения, госпитализацией персонала и остановкой производства.

В мире накоплены огромные запасы ОГФУ. В США складировано 740 тыс. т, во Франции — 150 тыс. т. К 2000 г. в России, по оценкам Гринпис, было накоплено 700 тыс. т собственного ОГФУ и около 125 тыс. т — от переработки западноевропейского отвального гексафторида. Темпы наработки ОГФУ в России составляют около 4 тыс. т/год только за счёт обогащения добываемого природного урана. Растут объёмы отвального гексафторида и при дальнейшем импорте отвалов из Западной Европы. По прогнозам, при существующих темпах накопления ОГФУ в 2010 г. общий объём накопленного ОГФУ в России достигнет 1 млн т (680 тыс. т эквивалента металлического урана). И это без учёта планов по созданию в России международного центра по обогащению урана для топлива АЭС (чтобы ограничить распространение технологий обогащения, способствующее распространению атомного оружия — см. гл. 7).

Росатом настаивает, что обеднённый уран станет использоваться в качестве топлива в реакторах на быстрых нейтронах (бридерах). Это предположение сомнительно уже потому, что даже при самом массовом строительстве быстрых реакторов «после 2030 года» (о чём официально мечтают атомщики), удастся использовать лишь малую часть имеющегося и нарабатываемого постоянно ОГФУ. Для использования накопленного в России ОГФУ с помощью бридеров потребовался бы ввод в эксплуатацию более 220 таких реакторов со сроком службы 30 лет. И это при отсутствии переработки (рециклинга) отработанного топлива. Поскольку в самых радужных планах атомщиков предполагается в отдалённом будущем строительство только 60 реакторов-бридеров (и для обеспечения их топливом планируется рециклинг ОЯТ), становится совершенно ясным, что большая часть ОГФУ оказывается, по закону, настоящими радиоактивными отходами* и должна быть захоронена.

Даже если Росатом всерьёз считает ОГФУ «ценным энергетическим сырьём будущего», то он должен был бы каким-то образом озаботиться его безопасным хранением до этого «светлого будущего». Пока наивно (или точнее — цинично) предполагается, что в контейнерах под открытым небом ОГФУ может безопасно храниться до 100 лет. Не только экологи, но и Ростехнадзор РФ из года в год отмечает, что хранение ёмкостей с отвальным гексафторидом урана на промплощадках не отвечает современным требованиям безопасности.

Ростехнадзор обеспокоен ...

Остаётся актуальной проблема обеспечения безопасности при длительном хранении отвального гексафторида урана (ОГФУ) на открытых площадках предприятий ЯТЦ.

На предприятиях отрасли эта проблема стоит достаточно остро, так как хранение гексафторида урана на открытых площадках представляет определённую экологическую и радиационную опасность в силу значительных объёмов хранимого материала и его высокой химической активности.

...В целом к недостаткам и проблемным вопросам в обеспечении безопасности объектов ядерного топливного цикла можно отнести:

* По российским законам, «радиоактивными отходами» считается радиоактивный материал, не подлежащий переработке.

хранение ёмкостей с отвальным гексафторидом урана на открытых площадках ФГУП «СХК», ФГУП «АЭХК», ФГУП «ЭХЗ», ФГУП «УЭХК» в условиях недостаточного нормативного обоснования и значительной величины риска разгерметизации ёмкостей...

Годовой отчёт о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2007 году. М., 2008. С. 64-65. (Цит. по: Отчёты Ростехнадзора — о проблемах с гексафторидом урана; <http://www.bellona.ru/Casefiles/rostechnadzor>)

Безопасное обращение с ОГФУ, как считают специалисты, должно включать либо обратную конверсию — обесфторивание (что само по себе химически опасно), либо перевод опасного гексафторида в менее опасный тетрафторид урана. Росатом планирует создать на АЭХК установку для обесфторивания «Кедр» (российская технология), а на предприятии в Зеленогорске — запустить уже в 2009 г. установку по переводу гексафторида в тетрафторид по французской технологии (компании «Согема»). Если всё это будет осуществлено, то будут, наконец, сделаны первые важные шаги в давно ожидаемом направлении — ответственном отношении производителей уранового топлива для АЭС к обеспечению экологической безопасности собственных отходов. К сожалению, огромные объёмы накопленного в России опасного ОГФУ (более 700 тыс. т), да и экономика (процессы обеспечения безопасности ОГФУ существенно удорожат получаемый обогащённый уран) не дают оснований для оптимизма в решении проблемы обеспечения экологической безопасности хранения ОГФУ.

Зачем Росатому нужны западноевропейские «хвосты»?

Переход от газодиффузного к центрифужному методу обогащения сделал возможным до-обогащение ранее полученного ОГФУ. Это практикует Росатом, принимая на до-обогащение западноевропейский ОГФУ, который рассматривается западноевропейскими компаниями как отходы, требующие утилизации, и продаются России по цене буханки хлеба (10-15 руб. за кг). В результате более дешёвого труда, меньших затрат на обеспечение экологической безопасности производства и, как утверждают атомщики, более совершенных технологий (центрифуги «восьмого поколения», тогда как за рубежом — третьего-четвёртого) в России такая переработка становится выгодной для предприятий вроде АЭХК. Покупка российской стороной западноевропейских урановых «хвостов» сопровождается контрактами на их обогащение и на продажу полученного обогащённого урана стране-поставщику.

Когда начался ввоз в Россию западноевропейских «хвостов» более 10 лет назад, он явно нарушал закон (в ст. 48 пункта 3 Закона «Об охране окружающей среды» было записано: «ввоз в Российскую Федерацию радиоактивных отходов и ядерных материалов из иностранных государств в целях их хранения или захоронения запрещается»). В 2005 г. Гринпис России подал иск против компаний, занимающихся ввозом ОГФУ из Западной Европы. Иск не был удовлетворён по смехотворной причине — государственные компании отказались (!) представить на рассмотрение суда заключённые контракты. Но чтобы больше не попадать даже на столь ласковую к ним скамью подсудимых, атомщики быстро пролоббировали изъятие слова «ядерных материалов» из текста закона в 2007 г.

Четыре предприятия Росатома (Ангарский комбинат в их числе; см. в Гл. 9) берут эти «хвосты» на переработку как «давальческое сырьё»* и возвращают в Германию и Фран-

* Давальческое сырьё — сырьё, принадлежащее заказчику и переданное на промышленную переработку другому предприятию для производства из него продукции в соответствии с заключённым соглашением; сырьё партнёра, которое ввозится в другую страну для его переработки и последующего вывоза готовой продукции в страну владельца сырья (Энциклопедический словарь экономики и права; <http://www.smoney.ru/glossary/17410>). — Прим. ред.

цию извлечённый из них уран, оставляя в России большое количество отходов от такой переработки — теперь уже дважды обеднённого ГФУ. При вторичной переработке до 90% взвешиваемого ОГФУ (а это, суммарно за время действия контрактов, — десятки тысяч тонн!) попадает во вторичные отвалы с ещё большим обеднением (около 0,1-0,2%) и оказывается в таких же контейнерах на тех же площадках открытого хранения, о которых уже шла речь выше. Таким образом, западные компании избавляются не только от опасных отходов, но и от проблемы их утилизации. Если бы им пришлось организовывать хранение этих отходов у себя дома, стоимость топлива для АЭС у них бы существенно увеличилась.

Иногда атомщики утверждают, что ОГФУ — ценное сырьё, которое пригодится через 30-40 лет. Если бы не зашкаливающая меркантильность современных атомщиков, в пору умилиться их заботе о внуках и правнуках. На самом деле надо посочувствовать внукам и правнукам, которым придётся расхлёбывать последствия опасных решений и поступков их дедов и прадедов, оставивших им такой опасный «подарок».

На вопрос о дальнейшем использовании обеднённого гексафторида урана (ОГФУ) генеральный директор АЭХК ответил, что это вещество является ценным ресурсом для атомной энергетики. В недалёком будущем ОГФУ будет активно использоваться в качестве топлива для реакторов на быстрых нейтронах, пик развития которых, по прогнозам учёных, придётся на 50-е годы XXI века.

Агентство «Телеинформ», 28.03.2008 (<http://www.i38.ru/?doc=1892>)

Гендиректор АЭХК, уповая на «развитие реакторов на быстрых нейтронах», явно выдаёт желаемое за действительное. Реакторы на быстрых нейтронах опасны в эксплуатации (см. ниже гл. 6), и вряд ли получат распространение. Кроме того, к середине XXI в. атомная энергетика, по многим обоснованным прогнозам, не будет играть существенной роли в мировом производстве электроэнергии. Наконец, гендиректор забыл об экономике: затраты на хранение ОГФУ за десятки лет сделают этот продукт таким дорогим, что стоимость электроэнергии, произведённой из него, вряд ли будет конкурентоспособной.

Итак, ответ на вопрос, вынесенный в заголовок этого раздела, такой: зарубежные урановые «хвосты» (ОГФУ) ввозятся Росатомом ради получения прибыли. А прибыльным этот радиоактивный «хвост-отходный» бизнес оказывается потому, что на российских заводах оплата труда ниже, чем в Западной Европе, и потому, что атомщики перекладывают на плечи государства (то есть на существующие и на будущие поколения налогоплательщиков) стоимость хранения радиоактивных отходов от их переработки*. Западные атомщики получают от этих сделок «два хороша» — немного обогащённого урана (из которого можно сделать топливо для АЭС) и, главное, избавление от головной боли по поводу хранения большого количества радиоактивных и ядерных материалов на собственной территории.

* Кроме того, как отмечается в совместном докладе экологической группы «Экозащита!» и уранового проекта Всемирной информационной службы по энергетике (WISE), у атомщиков был ещё один интерес — загрузить избыточные мощности по обогащению урана. Во-первых, чтобы обеспечить работой обогатительные комбинаты, а, во-вторых, чтобы иметь материал для разбавления оружейного высокообогащённого урана (ВОУ).

Уран, используемый в ядерном оружии, обогащён до приблизительно 93% U-235, в то время как уран, используемый в реакторах АЭС, обычно обогащён до 3-5% по U-235. ВОУ, таким образом, не может использоваться для АЭС, но его можно разбавить для получения низкообогащённого урана (НОУ), из которого можно обычным способом изготовить ядерное топливо. Для этих целей используют обеднённый (0,1-0,3%), природный (0,7%) и даже слегка обогащённый уран (1,5%).

В 1993 г. Россия и США заключили договор по высокообогащённому урану, согласно которому Россия в течение 20 лет должна поставлять в США уран, извлечённый из 500 т ВОУ и смешанный с низкообогащённым материалом. Разбавление осуществляется на предприятиях в Новоуральске, Северске и Зеленогорске. (Диль П., Сливяк В. Импорт ядерных отходов: минимум прибыли — максимум РАО. Доклад группы «Экозащита!», 2005; <http://antiatom.ru/ab/%252Fnode/278>). — *Прим. ред.*

«Хвосты» везут и везут в Россию, но руководство Росатома в последнее время стало утверждать, что этот бизнес вот-вот кончится.

...Россия откажется от использования обеднённого гексафторида урана, в котором содержание изотопа урана-235 составляет 0,3%, для дообогащения на своих комбинатах... Об этом 22 июня заявил руководитель Федерального агентства по атомной энергии (Росатом) Сергей Кириенко во время визита на ФГУП «Ангарский электролизно-химический комбинат» ... *«Мы не будем больше заключать новых контрактов на поставку так называемых “хвостов” и не будем продлевать действующие»*, — сообщил глава Росатома.

ИА REGNUM, 22 июня 2007 г. (<http://www.regnum.ru/news/846966.html>)

... Корпорация «Росатом» не заинтересована в продлении контрактов с Францией и Германией на дообогащение обеднённого гексафторида урана (ОГФУ), сообщил директор департамента по работе с регионами и общественными организациями ГК «Росатом» Игорь Конышев ... *«Сейчас, когда собственная атомная энергетика и наше международное участие достаточно активно развиваются, нам есть чем заполнить свои разделительные мощности. Поэтому эти контракты для нас не кажутся экономически эффективными»*, — отметил И. Конышев. Он пояснил, что контракты с Германией и Францией заключались в 1990-х гг., когда простаивали обогатительные мощности, и России нужны были хоть какие-то контракты для их заполнения. *«Мы по одному контракту это решение уже приняли и не продлили его в установленные сроки, поэтому один из контрактов заканчивается в конце 2009 года. Второй контракт завершается в конце 2010 года...»*, — сказал И. Конышев.

Интерфакс, 20 мая 2009 г. (http://www.interfax-russia.ru/r/B/siberia/270.html?menu=7&id_issue=12261878)

Не совсем понятно только, о каком «отказе» от зарубежных контрактов идёт речь, если в феврале 2009 г. обнародованы планы Росатома построить на территории морского порта в Усть-Луге (Ленинградская область) специальный перевалочный пункт для хранения гексафторида урана? Трудно поверить, что сооружение стоимостью в десятки миллионов рублей создаётся только для нескольких месяцев работы... Реальной причиной отказа, как предполагает Гринпис России, является необходимость освобождения мощностей обогатительных предприятий (и АЭХК в том числе) для других, экономически более привлекательных международных проектов. Как, например, Международный центр по обогащению урана в Ангарске (см. гл. 9). Так что иркутянам, обеспокоенным соседством с «мирным атомом», радоваться рано. И как бы до-обогащение европейских урановых «хвостов» не оказалось «цветочками» по сравнению с тем, что планирует Росатом для АЭХК, — расширенное производство обогащённого урана для отечественных и зарубежных атомных станций.

Производство обогащённого урана порождает серьёзные радиоэкологические проблемы. Они начинаются с добычи урана. Новейшие технологии подземного выщелачивания, при их кажущейся безопасности, таят огромные экологические риски. Проблемы загрязнения среды радионуклидами возникают и на всех стадиях первичной обработки урановой руды. Миллионы тонн отходов этого производства требуют постоянного внимания для обеспечения радиационной безопасности. Наконец, обогащение урана по изотопу уран-235, приводящее к переходу радиационно-опасных продуктов в ядерно-опасные, несёт как радиоэкологическую угрозу (опасности, связанные с увеличением дополнительного альфа-облучения), так и химическую, связанную с использованием фтора — химически самого активного из неметаллических элементов.

ГЛАВА 2

АЭС без прикрас

Атомщики утверждают, что атомная энергетика — «экологически чистая». Это совсем не так.

Масштабы радиоактивного загрязнения среды АЭС

Для начала заметим, что выбросы радионуклидов контролирует и измеряет сама АЭС. Обществу приходится полагаться на честное слово атомщиков, что они действительно сообщают нам правду. Кроме того, сами атомщики, как и Ростехнадзор с Роспотребнадзором, следящие за выбросами предприятий атомной индустрии, оценивают достигающиеся человеку и природе дозы облучения, общий объём и распространение этих выбросов не прямыми измерениями, а виртуальными расчётами.

Суммарная величина лицензионных (то есть разрешённых и запланированных) газо-аэрозольных радиоактивных выбросов от 444 существующих АЭС в мире на протяжении всего срока их эксплуатации превышает общую величину чернобыльского выброса. Несмотря на то, что большинство газообразных отходов удерживается фильтрами или быстро распадается, более 30 радионуклидов попадают в атмосферу через высоченную трубу АЭС (трубы на АЭС высотой около 100 м для того, чтобы разбавлять опасные концентрации радионуклидов) и вентиляционные отверстия в защитном колпаке. Среди последних:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| ... йод-129 (период распада 160 млн лет), | ... углерод-14 (57 тыс. лет), |
| ... цезий-137 (300 лет), | ... водород-3, тритий (123 года), |
| ... криптон-85 (106 лет), | ... йод-131 (80 дней), |
| ... ксенон-133 (53 дня), | ... йод-133 (9 дней), |
| ... аргон-41 (18 часов), | ... криптон-87 (13 часов), |
| ... ксенон-138 (3 часа). | |

Таблица 4**Радиоактивные выпадения вокруг Билибинской АЭС в 1994 г.**

Изотоп	Расстояние от АЭС, км		
	0,3-0,5	0,5-3	3-5
Кобальт-60 (МБк/м ² ·сут.)	до 3362	до 780	до 222
Марганец-54 (МБк/м ² ·сут.)	до 935	до 145	до 29
Стронций-90 (Бк/кг, в почве)	13,6	12,2	7,6

Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1995 г.: Ежегодник Росгидромета. Обнинск, 1996. С. 178.

Не существует эффективных промышленных технологий для задержки пяти радионуклидов, составляющих огромную часть штатных выбросов АЭС, — трития, криптона-85 и криптона-87, ксенона-133 и ксенона-138.

Утверждения о безопасности штатных выбросов АЭС ошибочны. Краткосрочное воздействие не означает безопасное: выпущенная пуля тоже летит только доли секунды, но, попадая в цель, становится смертельной. Даже небольшой части выбросов, состоящих из долгоживущих радионуклидов, достаточно, чтобы создать заметно повышенный уровень облучения в направлении господствующих ветров на десятки километров от любой АЭС. Не забудем, что большинство данных по штатным выбросам АЭС являются усред-

нёнными (за день, за год). За средними цифрами, как правило, скрываются краткосрочные пиковые выбросы. Не забудем и о цепочках распада. Заявляя, что выбрасываемые АЭС радионуклиды в основном состоят из инертных («благородных») газов, атомщики намеренно скрывают тот факт, что, например, благородный газ ксенон при распаде превращается в долгоживущий радиоактивный цезий.

Кроме обычных газоаэрозольных выбросов любая АЭС неизбежно выбрасывает в атмосферу небольшое количество радионуклидов — продуктов коррозии реактора и первого контура, а также осколков деления ядер урана — хром-51, магний-54, кобальт-60, ниобий-95, рутений-106, церий-144 и др. Они инструментально прослеживаются на десятки километров вокруг любой АЭС. В качестве примера в табл. 4 приведены данные по радиоактивному загрязнению такими радионуклидами вокруг Билибинской АЭС.

Аналогичные данные есть по всем изученным в этом отношении территориям (вокруг Курской, Ленинградской, Кольской, Калининской, Нововоронежской, Белоярской АЭС) и касаются они и почв, и наземной растительности, и воды, и донных отложений, и приземного слоя воздуха.

В пробе атмосферного воздуха, отобранной 27-28.07.1996 в Санкт-Петербурге, были зафиксированы концентрации йода-131 (период полураспада 8,1 дня) $2,5 \times 10^{-5}$ Бк/м³, цезия-134 — $2,7 \times 10^{-5}$ Бк/м³, цезия-137 — $4,0 \times 10^{-5}$ Бк/м³ при северо-западном направлении ветра, что даёт основание предположить как источник их поступления Ленинградскую АЭС или Научно-исследовательский технологический институт, расположенные в г. Сосновый бор Ленинградской области.

Из справки Росгидромета «Об аварийном, экстремально высоком и высоком загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории России в июле 1996 года» от 16 августа 1996 г.

В водоёмах около АЭС радиоактивность обычно не превышает установленных норм. Однако благодаря биоаккумуляции в планктоне (мелких организмах, живущих в толще воды), концентрация радиоактивных изотопов может быть выше, чем в воде в 2000 раз; в рыбах, поедающих этот планктон, — выше в 15 000 раз; в теле рыбоядных птиц — выше в 40 000 раз; в теле птенцов ласточек, которых родители кормят насекомыми, летающими над водой, — выше в 500 000 раз, а в желтке яиц водоплавающих птиц — в миллион раз выше, чем в воде! Эти цифры наглядно демонстрируют распространение радионуклидов по трофическим цепям от низших животных к высшим, и, в конечном итоге, — возможный переход к человеку.

В табл. 5 приведены данные по содержанию цезия-137 в почвах вокруг некоторых российских АЭС.

Несмотря на сравнительно небольшие количественные различия между содержанием радионуклидов вблизи и вдали от АЭС приведённые в табл. 4 и 5 данные тревожны, поскольку в результате биоаккумуляции безобидные концентрации радионуклидов легко превращаются в грозные для живой природы и человека.

Если бы были проведены детальные исследования, значимые радиоактивные загрязнения были бы обнаружены вокруг всех без исключения предприятий атомной энергетики. Любое мало-мальски объективное иссле-

Таблица 5

Содержание цезия-137 (кБк/м²) в почвах вокруг некоторых АЭС в 1979–1983 гг.

АЭС	Вблизи АЭС	Далее 30 км от АЭС
Курская	2,80 ± 0,10	2,70 ± 0,03
Нововоронежская	3,20 ± 0,02	2,61 ± 0,02
Смоленская	3,10 ± 0,02	2,61 ± 0,02
Калининская	2,70 ± 0,01	2,61 ± 0,02

Силантьев А.Н. Радиоактивное загрязнение почв // Радиоактивное загрязнение районов АЭС. М., 1990. С. 47.

дование это подтверждает: по накоплению радионуклидов в почвах, растениях, грибах можно обнаружить градиент значений, уходящий на десятки километров от АЭС. Так, например, изменяется содержание радионуклидов (Бк/кг сырой массы) в грибах подберёзовиках в окрестностях Ленинградской АЭС (табл. 6).

В 2003 г. ЛАЭС ежедневно выбрасывала, в среднем, порядка 0,043 Кюри в сутки, или 15 Кюри в год. Много это или мало? В соответствии с чернобыльским законодательством, если плотность радиоактивного загрязнения по цезию-137 составляет 5-15 Кюри на квадратный километр, то эта территория относится к зоне с правом на отселение. Если предположить, что выбросы ЛАЭС были бы сконцентрированы, каждый год атомная станция превращала бы в зону отселения 1 квадратный километр Ленинградской области. «К счастью», эта радиация «размазывается» на большую территорию.

Тем не менее, её воздействие не проходит бесследно. По данным Роспотребнадзора, содержание цезия-137 в лесных грибах в районе посёлка Таратайка достигает 1390 Беккерелей на килограмм, что превышает норму в два раза (в соответствии с санитарными нормами, содержание цезия в дикорастущих грибах не должно быть выше 500 Бк/кг).

Однако до сих пор выбросы ЛАЭС считаются допустимыми. В том же 2003 г. ежесуточные выбросы (0,043 Ки/сут.) составили 4% (!) от разрешённого уровня. Вот и считайте, как будут фонить грибы в случае, если атомная станция начнёт выбрасывать все разрешённые 100%.

Гринпис России, 13 марта 2009 г. (<http://www.greenpeace.org/russia/ru/news/3108019>)

Таблица 6

Содержание радио-цезия (Бк/кг) в грибах подберёзовиках вблизи и вдали от ЛАЭС

Радионуклид	9 км	22 км
Цезий-134	954,0 +/- 7,0	49,0 +/- 1,5
Цезий-137	337,6 +/- 3,6	15,4 +/- 0,8

Блинова Л., Недбаевская Н. Ленинградская АЭС: радио-экологический мониторинг. НИМБ, 1995. № 2-3. С. 24-30.

Аналогичные данные есть и по другим российским АЭС, и по АЭС других стран. Например, содержание трития в деревьях вблизи АЭС и в США, и в Германии многократно больше, чем вдали от них.

Обобщая эти данные, уверенно можно сказать, что радиоактивное загрязнение окружающей среды вокруг АЭС должно проследиваться по направлению господствующих ветров на несколько десятков километров от любой АЭС.

Влияние АЭС на живую природу, гидросферу и атмосферу

Исследования влияния АЭС на живую природу трудоёмки. Надо описать состояние растительного покрова на территории до пуска АЭС и затем вести наблюдения на протяжении многих лет. Надо каким-то образом учесть влияние других промышленных предприятий и транспорта. На такие многолетние программы работ требуются средства. Поскольку атомная индустрия не заинтересована в проведении таких работ, исследования вокруг АЭС проводятся лишь эпизодически.

В Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова АН СССР было обнаружено, что рыбы, обитающие в водоёмах-охладителях Игналинской АЭС (Литва) и Ленинградской АЭС (Сосновый Бор, Ленинградская обл.), характеризуются повышенной асимметрией некоторых признаков строения тела, говорящей о понижении стабильности развития. Было доказано, что в данном случае обнаруживается влияние не температуры или изменения химического состава среды обитания, а именно сверхмалых доз облучения, определяемых работой АЭС.

Швейцарская художница-анималист К. Хессе-Хоннегер опубликовала серию работ, показавших, что с подветренной стороны вокруг всех исследованных ею шести АЭС Гер-

Язык тела — рассказывают слепняки

На протяжении 30 лет швейцарская художница Корнелия Хессе-Хоннегер с фотографической точностью изображает насекомых. Сначала это были зарисовки разнообразных экспериментальных мутаций у мух-дрозофил в генетической лаборатории университета. Потом она стала зарисовывать насекомых в природе. После Чернобыльской катастрофы ей пришла в голову мысль посмотреть, не повлияли ли чернобыльские радиоактивные выпадения на любимых ею насекомых. Для этого она выбрала центральную часть Швеции — одну из наиболее пострадавших от этой катастрофы территорий в Западной Европе. К своему изумлению она обнаружила, что у многих из нескольких сотен собранных ею здесь клопов-слепняков и других насекомых были какие-то нарушения строения тела — глазовидные выросты, деформированные крылья и лапки, раздувшиеся усики.

Потом она обнаружила, что и в южной части Швейцарии, где есть чернобыльские «пятна», необычно много деформированных насекомых. В конце концов, она решила поехать на Украину и посмотреть, что же наблюдается вблизи 30-километровой Чернобыльской зоны. Как она и предполагала, здесь деформации тела наблюдались почти у всех собранных ею клопов и жуков. Эти находки противоречили утверждениям многих учёных, убеждавших, что уровень радиоактивного заражения от Чернобыля слишком низок, чтобы стать причиной серьёзных последствий. *«Вопреки мнению экспертов я обнаружила ужасающие отклонения у травяных клопов и растений, распространённые на пути следования «чернобыльского» облака, — рассказывает Корнелия Хессе-Хоннегер. — Эти отклонения можно назвать своего рода криком природы о губительном воздействии на неё радиации».*

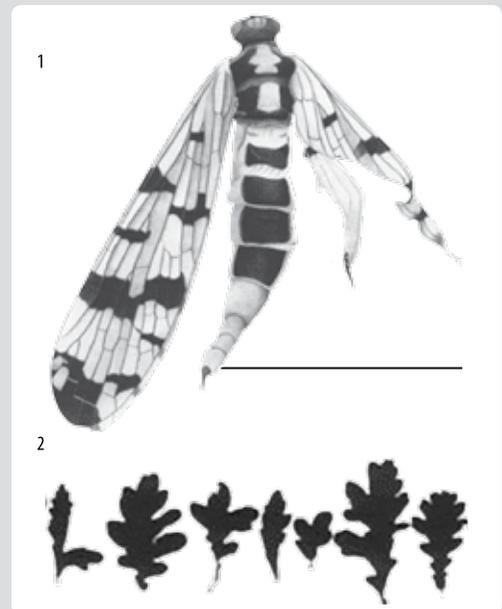
Рисунки и выступления художницы встретили шквал нападок. Некоторые критики называли их «нелепыми» и даже «вымыслами большого рассудка». На это Корнелия резонно отвечала, что надо не ругаться, а провести специальные исследования, посвящённые воздействию радиации на насекомых, питающихся загрязнёнными радионуклидами растениями. Не дождавшись таких исследований, Корнелия собрала коллекцию слепняков, обитающих в окрестностях АЭС «Гёсген» и «Лайбстадт» в Швейцарии, АЭС «Гундремминген» в Германии, атомного комплекса в Селлафилде в Великобритании, завода по переработке ядерных отходов в Ля Аг во Франции, а также в США в районе АЭС «Три Майл Айленд», «Пич Боттом», полигона испытаний ядерного оружия в Неваде, плутониевого завода в Ханфорде. Полученные результаты показали — вокруг всех атомных предприятий число насекомых с мутациями заметно больше.

Что вызывает удивление во всех этих случаях, так это предположение со стороны экспертов, что люди, живущие в тех же самых регионах, где встречается множество пострадавших насекомых (как и птиц* и млекопитающих), не испытывают катастрофических последствий радиации.

По материалам: Edwards D. Body Language — The Leaf Bugs Speak Out // The Ecologist. 1999. Т. 29. № 7. Р. 411 (http://www.theecologist.org/back_archive/19701999/); сайм К. Хессе-Хоннегер (<http://www.wissenskunst.ch/index-en.php>)

Влияние АЭС на живую природу

в Швейцарии: 1 – скорпионница (Papora communis) вблизи АЭС «Рётентал» (правые крылья закручены, брюшко деформировано); 2 – уродливые листья дубов, растущих около АЭС «Лайбстадт»



Hesse-Honegger C. Heteroptera. The Beautiful and the Other or Images of a Metating World. Zurich–Berlin–New York, 2001. P. 146, 163.

* Например, у голубей, посещавших территорию английского ядерного комплекса в Селлафилде, зарегистрировано увеличение частоты мутаций. Недавно опубликованы также работы французских и американских генетиков по увеличению частоты мутаций окраски у ласточек на загрязнённых чернобыльскими осадками территориях Украины.

мании, Швейцарии, Франции и США встречается необычно много деформированных насекомых (с мутациями окраски, строения ротового аппарата, крыльев, конечностей). Средний процент деформированных насекомых вдали от АЭС или с наветренной стороны от АЭС был около 3%, а с подветренной стороны от АЭС таких насекомых было около 22%.

Число деформированных насекомых заметно сократилось в окрестностях одной из АЭС после её остановки. Федеральное Агентство по охране среды Швейцарии признавало, что в «окрестностях ряда АЭС и ядерных предприятий (шахты) могут возникать большие поражения, чем на сопоставимых площадях, не имеющих ядерных предприятий. Степень поражения сопоставима с поражением от промышленных выбросов»*. Совпадения поражения лесов с расположением АЭС и розой ветров от них были обнаружены и во Франции и Германии.

Поскольку для работы АЭС необходимо охлаждение, АЭС являются одними из самых мощных техногенных источников теплового загрязнения атмосферы и гидросферы. Воздействие тепла от АЭС сопоставимо по энергии (1000–10 000 Вт/м²) с потоками тепла от лесных и нефтепромысловых пожаров и извержениями вулканов. Неизбежным последствием такого выброса тепла, вместе с водяным паром, должно быть образование дополнительной облачности, увеличении числа гроз и вихрей.

Величина тепловых сбросов в гидросферу от атомных электростанций примерно в полтора раза выше, чем от огневых (уголь, мазут, газ) той же мощности. Из АЭС в водоём поступает огромное количество воды, подогретой до 10–12 °С. Тепловое загрязнение морских вод от АЭС, стоящих на берегу моря (их также в мире немало), прослеживается на многие десятки километров вокруг.

Если на море эти последствия не особенно заметны, то вдали от моря рядом с АЭС должны быть либо огромные водоёмы-охладители — озёра или большие реки, либо большие и дорогостоящие градирни (охладительные башни). В последнем случае АЭС выбрасывает огромное количество водяного пара (на АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000 — около 65 м³ в минуту).

Порой забор воды из природных водоёмов является большой проблемой. Например, во время последних жарких лет во Франции, когда реки, на которых стоят АЭС, обмеливали, атомные станции приходилось останавливать из-за нехватки воды. Нагревание естественных внутренних водоёмов, используемых для охлаждения АЭС, приводит к изменению состава видов, обитающих в этих водоёмах, а также к нарушениям развития особей. Например, в озере Удомля (водоёме-охладителе Калининской АЭС) встречается рыба без чешуи, в водоёме-охладителе Ленинградской АЭС уровень асимметрии (несходство левой и правой частей тела) у обитающих там рыб достоверно увеличен.

Влияние АЭС на здоровье населения

О достоверности фактов влияния АЭС (и вообще атомных предприятий) на состояние здоровья населения ведутся жаркие споры. Однако, если даже штатно работающая АЭС выбрасывает радионуклиды, что не отрицают даже ярые сторонники атомной энергетики, то радиационная нагрузка на окрестное население неизбежно должна быть увеличена. Дозы, получаемые окрестным населением АЭС, обычно не превышают десятков микрозиверт в год, что составляет не более нескольких процентов от величины естественного радиационного фона и многократно меньше официально считающегося безопасным уровня. И, тем не менее, они оказываются причиной ухудшения здоровья населения. В табл. 7 приведены некоторые данные по США.

* Грейб Р. Эффект Петко: Влияние малых доз радиации на людей, животных и деревья. Пер. с англ. М.: Движение «Москва-Семипалатинск», 1994. С. 183.

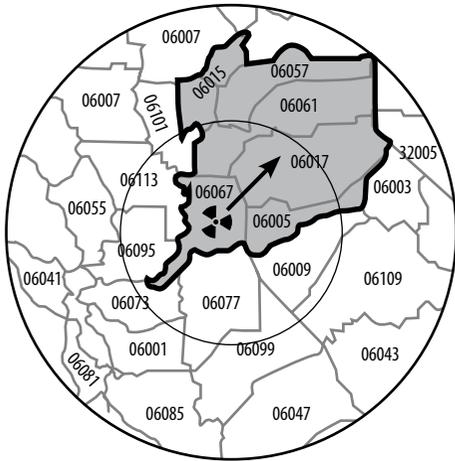
Таблица 7

Примеры влияния предприятий атомной индустрии США на здоровье населения

Район, предприятие	Характер влияния
АЭС «Биг Рок» (через 5-9 лет после пуска АЭС)	Увеличение младенческой смертности, числа новорождённых с низким весом, числа случаев врождённых пороков развития, случаев рака и лейкемии
АЭС «Пилгрим»	Четырёхкратно больший риск заболеть лейкемией у живших в 1978–1983 гг. в радиусе 16 км от АЭС. После снижения уровня выбросов ниже 0,25 мЗв в год (в 1983–1986 гг.) дополнительные случаи лейкемии не наблюдались
АЭС «Дуэйн Арнольд»	Увеличение числа случаев лейкемии у детей после пуска АЭС
Население графств, расположенных вблизи или с подветренной стороны от трёх АЭС в Висконсине и трёх в Миннесоте	Достоверная корреляция между смертностью грудных детей, родившихся с пониженным весом (менее 2500 г), и проживанием родителей в зоне влияния АЭС
Население 268 графств, расположенных на расстоянии до 80 км вокруг пяти атомных производств Министерства энергетики и 46 АЭС США	Увеличение смертности от рака груди в 2,5 раза вокруг АЭС и в 10 раз — вокруг военных атомных производств
Девять атомных производств Министерства энергетики США	Увеличение смертности от рака кости в окрестностях восьми производств (сравнительно с контрольным районом) и вокруг 3 из 5 — после пуска
АЭС «Три Майл Айленд» (выбросы до аварии 1979 г.), население с подветренной стороны	Увеличение заболеваемости раками у детей, числа случаев не-Ходжкинской лимфомы, десятикратное увеличение числа случаев рака крови и лёгких у взрослых; увеличенное число жалоб населения на тошноту, расстройства пищеварения, раннее облысение
АЭС «Салем»	Увеличение детской смертности и спонтанных аборт. В годы, когда АЭС останавливалась или работала на минимальной мощности, эти показатели резко уменьшались
АЭС «Форт Сан Врейн», «Ля Крос», «Миллстоун», «Хэддэм Нэк», «Троян»	Младенческая смертность с подветренной стороны до 64 км от этих АЭС упала на 15-20% через два года после закрытия этих АЭС
АЭС «Ранчо Секо»	Рост младенческой смертности после пуска. Уменьшение случаев лейкемии, раков и смертности от ВПР через семь лет после остановки этой АЭС
АЭС «Ойстер Крик»	Увеличение на 35-50% числа случаев рака у детей через несколько лет после пуска АЭС
Завод по производству ядерного топлива (Пенсильвания)	В расположенном рядом городе Аполло у каждого пятого были обнаружены раки (в 17 раз чаще, чем в среднем по США), признанные судами как последствия облучения в малых дозах

Рисунок 5

Расположение АЭС «Ранчо Секо» и границы прилежащих графств, статистика смертности от рака молочной железы которых приведена в табл. 8



Gould J.M. *The Enemy Within. The High cost of living near nuclear reactors.* Four Walls Eight Windows Publ., New York-London, 1996. P. 282.

Таблица 8

Смертность женщин от рака молочной железы (на 100 тыс.) за пятилетия до и после пуска АЭС «Ранчо Секо»

	1950–1954 гг.	1985–1989 гг.	Изменение
Шесть подветренных графств	20,8	26,5	+ 27%
26 графств в радиусе 100 миль	24,2	25,8	+ 7 %
Весь штат Калифорния	25,5	25,9	+ 0,40%

Gould J.M. *The Enemy Within. The High cost of living near nuclear reactors.* Four Walls Eight Windows Publ., New York-London, 1996. P. 283.

В монографии Дж. Гулда «Враг внутри» (Gould, 1996) приведены статистические данные по смертности от рака молочной железы в графствах (административных районах), расположенных вокруг всех (!) АЭС США, по пятилетиям до и после пуска каждой. На рис. 5 и в табл. 8 приведены, в качестве примера, данные по АЭС «Ранчо Секо» в Калифорнии.

На рис. 6 приведены данные по корреляции между величиной смертности от рака молочной железы и числом АЭС на расстоянии 100 миль. Видно, что смертность заметно выше там, где на расстоянии до 180 км от места проживания находится большее число АЭС.

Подробная медицинская статистика в США позволила обнаружить и другие влияния работающих АЭС на здоровье населения. На рис. 7 показано совпадение между величиной выбросов одного из самых опасных радионуклидов йода-131 АЭС «Индиан Пойнт» (штат Нью-Йорк) и долей живых чернокожих новорождённых с аномально низким весом тела в этом штате. Видно, что процент новорождённых с аномально низким весом совпадает с колебаниями величины выброса йода от АЭС.

На рис. 8 приведены данные по заболеваемости раком молочной железы женщин в возрасте 50-74 лет в штате Коннектикут (США) с 1935 по 1990 г. Явно выделяются три отрезка кривой с отличными тенденциями (трендами). Первый тренд относится к 1935–1944 гг. и не показывает увеличения заболеваемости. Второй тренд увеличения заболеваемости относится к 1945–1970 гг. и отражает, по-видимому, радиационные выпадения от испытаний ядерного оружия в атмосфере. Наконец, третий тренд резкого увеличения заболеваемости, начавшийся в 1970 г., хорошо объясняется пуском АЭС «Хэддэм Нэк» в 1967 г. и АЭС «Миллстоун» в 1970 г. Пик заболеваемости в 1987 г., возможно, связан с чернобыльскими выпадениями (тогда содержание радио-йода в молоке в этом штате увеличилось в 27 раз).

На рис. 9 приведены данные по достоверной корреляции между уровнем смертности женщин от рака молочной железы (с учётом возраста) и величиной суммарного выброса двух радионуклидов (йод-131 и стронций-90) от всех АЭС страны на душу населения в 1979–1988 гг.

Самые высокие уровни содержания стронция-90 в молочных зубах в штате Флорида обнаружены у детей, живущих в зоне влияния АЭС «Турки Пойнт» и «Санта Лючия».

Рисунок 6

Корреляция между смертностью женщин от рака молочной железы (на 100 тыс.) и числом АЭС на расстоянии 100 миль (180 км) в США

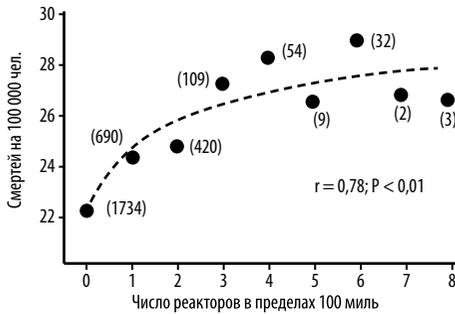


Рисунок 7

Величина выбросов йода-131 АЭС «Индиан Пойнт» и процент живых чернокожих новорождённых с весом тела менее 1500 г в штате Нью-Йорк в 1972–1984 гг.

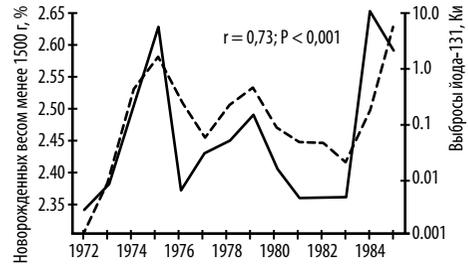


Рисунок 8

Заболееваемость раком молочной железу женщин (число случаев на 100 тыс.) в возрасте 50-74 лет в штате Коннектикут (США) за период 1935–1990 гг. (комментарии в тексте)

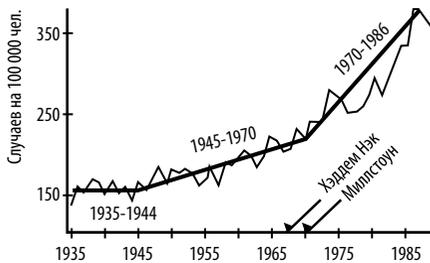
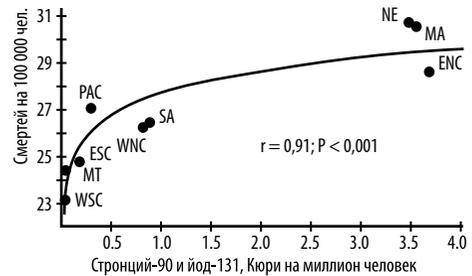


Рисунок 9

Корреляция между суммарным выбросом радионуклидов йод-131 и стронций-90 на душу населения всеми АЭС страны и величиной смертности женщин от рака молочной железы по 10 группам штатов США в 1970–1988 гг.



WSC — центральные юго-западные штаты;
 MT — горные штаты;
 ESC — центральные юго-восточные штаты,
 PAC — тихоокеанские штаты;
 WNC — центральные северо-западные штаты;
 SA — южно-атлантические штаты;
 NE — Новая Англия;
 MA — средне-атлантические штаты;
 ENC — центральные северо-восточные штаты

Таблица 9

Примеры влияния предприятий атомной индустрии Германии на здоровье населения

Район, предприятие	Характер влияния
АЭС «Линген»	Корреляция между величиной выброса «инертных» радиоактивных газов и смертностью от рака детей, числом мертворождённых и уровнем младенческой смертности
АЭС «Гарчинг», «Наухерберг»	Рост заболеваемости и смертности от лейкемии среди мальчиков до 15 лет
АЭС «Джулих»	Увеличение числа случаев острой детской лейкемии
АЭС «Вюргассен»	Увеличение заболеваемости лейкемией в возрасте до 20 лет. Четырёхкратное увеличение числа хромосомных aberrаций у взрослых
АЭС «Крюммель»	Увеличение заболеваемости лейкемией. Увеличение числа хромосомных aberrаций
АЭС «Розендорф» и «Райнсберг»	Увеличение числа раковых заболеваний детей
Все три округа Баварии, где расположены АЭС (Гюнцбург, Диллинген, Аугсбург)	Раковые заболевания у детей выявляются на 40% чаще

Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации. М.: Центр экологической политики России, 2002. С. 68, табл. 24.

Медицинская статистика показывает, что в окрестностях АЭС «Санта Лючия» уровень заболеваний раками у детей с 1985 по 2000 г. возрос втрое.

Одним из основных критериев влияния того или иного фактора служит наличие эффекта от его исчезновения. Именно это обнаружено во всех семи изученных случаях с закрытием АЭС в США: после того как эти АЭС были закрыты, младенческая смертность в радиусе 50 миль от них достоверно уменьшалась.

Другой страной с хорошей медицинской статистикой и большим населением вокруг АЭС является Германия. И в этой стране есть немало данных по влиянию атомной индустрии на здоровье населения (часть этих данных приведена в табл. 9).

На примере Германии можно проследить, как происходит подтасовка опасных для атомной индустрии данных. После обращений граждан, обеспокоенных отдельными сообщениями о возможной связи АЭС и ростом детской заболеваемости, было проведено официальное расследование. В него были включены данные по заболеваемости детей в возрасте до 14 лет всеми раками в 15-километровой зоне вокруг всех без исключения 20 германских АЭС. Официальное заключение — нет статистических различий в заболеваемости вблизи и вдали от АЭС. На самом деле различия есть. Но для того чтобы они обнаружили оказались необходимым:

- ... сравнивать данные вокруг длительно работающих коммерческих АЭС (исключив исследовательские и неработающие АЭС);
- ... выделять среди всех раков острую лейкемию и ранние раки (0-4 года);
- ... сравнивать заболеваемость на разном расстоянии от АЭС.

Такие сравнения показали:

- ... У детей, проживающих в 15-километровой зоне вокруг 15 длительно время работавших АЭС, статистически достоверно повышена заболеваемость всеми раками.
- ... Высоко достоверно повышена встречаемость всех ранних (0-4 года) детских раков.
- ... Ещё более резко выражено повышение частоты ранней детской лейкемии вокруг 15 коммерческих АЭС.

Немецкие данные, как и данные по США, показывают, что во всех случаях, когда была проанализирована детальная медицинская статистика, на разном удалении от АЭС по розе ветров обнаруживалась достоверная связь уровня выбросов АЭС с показателями здоровья. Об этом же говорят и имеющиеся отрывочные данные по другим странам.

Заболеваемость вокруг британских ядерных центров и АЭС в Сискейле, Беркшире, Хэмпшире, Селлафилде, Даунрее, Харуэлле, Олдбари, Соммерсете, Эссексе достоверно выше, чем в среднем по стране. В 2006 г. были обнародованы данные исследования раковой заболеваемости в трёх графствах вокруг АЭС «Тросфинид» на севере Уэльса. Исследование было основано на неформальном поголовном («от двери к двери») опросе и обнаружило, что встречаемость всех раков у женщин моложе 50 лет в 15 раз выше общенационального, риск рака груди у женщин 51-60 лет в пять раз выше среднего для соответствующей возрастной группы в стране*.

Вокруг французского завода по переработке отработавшего ядерного топлива на мысе Ля Аг отмечено многократное увеличение детской лейкемии. Обнаружено повышение смертности от лейкемии и лимфомы вокруг некоторых АЭС Японии.

Отсутствие данных о повышенной заболеваемости и смертности вокруг российских АЭС вовсе не означает их отсутствия. К сожалению, ни уровень первичных медицинских обследований, ни уровень статистики не позволяют этого сделать в России. В СССР, даже если при обследовании выявлялось лучевое заболевание, врачи боялись связывать его с радиацией. Чтобы получить надёжные статистические данные, нужно провести эпидемиологическое исследование места будущей АЭС и после её пуска на протяжении многих (не менее 25) лет осуществлять мониторинг заболеваемости на разном удалении от АЭС и при разной величине радиоактивных выбросов. Росатом обещал проводить такие медицинские наблюдения вокруг Волгодонской АЭС, пущенной девять лет назад.

Среди людей, работающих на АЭС или проживающих в прилегающих к ним зонах, даже при строгом соблюдении всех мер радиационной безопасности наблюдаются такие явления, как раннее старение, ослабление зрения, угнетение реактивности иммунной системы, чрезмерная психологическая возбудимость, изменения в составе крови и др. Эти проявления могут быть связаны с дополнительным воздействием аномалий АЭП (атмосферного электрического поля. — А.Я.), возникающих в результате радиоактивного загрязнения окружающей среды...

Из статьи сотрудника Государственного института прикладной экологии в г. Обнинске Э. Бегуна и др. «Аномалии электрического поля атмосферы при радиоактивном загрязнении окружающей среды». В кн.: Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы международной конференции. Ред. Л.П. Рихванов. Томск, 1996. С. 469–470.

Атомщики, не имея возможности опровергнуть данные об опасном влиянии АЭС, голословно отвергают их, как «недостаточно научные» («научными» они считают только опубликованные в журналах, в состав редколлегий которых они же и входят). Такому же остракизму подвергались 50 лет назад и выдающиеся работы английского радиационного эпидемиолога Алисы Стюарт, показавшие высокую опасность рентгеновского облучения в медицине, в результате чего в мире сейчас медицинское облучение сокращено в несколько раз.

Глобальные и вечные

Даже при нормальной работе АЭС она выбрасывает в атмосферу огромное количество радиоактивных изотопов, в основном, «инертных» газов. Атомщики безосновательно и лукаво используют химический термин «инертные» по отношению к радиоизотопам, которые с физической точки зрения как раз никакие не инертные. Если бы эти газы были действительно инертными («inertis» по латыни *бездеятельный*), то они не образовывали бы столбы ионизированного воздуха («свечки») над АЭС, которые видны

* Сайт кампании по низким уровням радиации — <http://www.llrc.org/>.

на экранах радиолокаторов за сотни километров от любой АЭС и которые не могут не сказываться на состоянии окружающей среды, на миграциях птиц и летучих мышей, на поведении насекомых.

Основным выбрасываемым АЭС «инертным» газом является криптон-85 (период распада 107 лет). Криптон как элемент не вовлекается в химические реакции, но его изотоп криптон-85 блокирует электропроводность тканей и повышает частоту рака кожи. Особо важна роль криптона-85 в изменении электропроводности атмосферы. При дочернобыльских темпах развития ядерной энергетики, как считал акад. В. Легасов, после 2000 г. должно было бы начаться лавинообразное изменение электропроводности атмосферы из-за накопления там криптона-85 (рис. 10).

Увеличение электропроводности атмосферы должно вызывать серьёзные геофизические эффекты, включая увеличение интенсивности гроз и увеличение числа смерчей и тайфунов. Уже сейчас содержание криптона-85 в атмосфере в миллионы раз выше (!), чем до начала атомной эры. Криптон-85 в атмосфере ведёт себя как парниковый газ, внося тем самым недостаточно оценённый вклад в антропогенное изменение климата Земли.

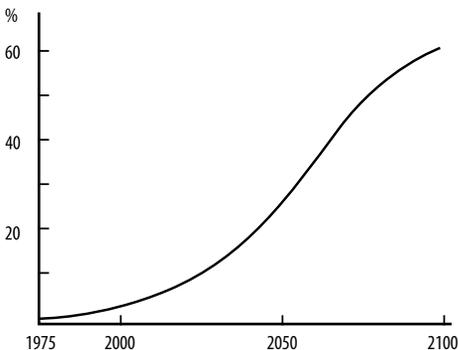
Другой опасный бета-излучатель, выбрасываемый в атмосферу при работе АЭС, — тритий, или радиоактивный водород (H-3, период распада 123 года). Тритий неизбежно образуется в любом реакторе при действии нейтронов на молекулы воды — H₂O). Не существует фильтров, способных задержать тритий: он проникает даже через многосантиметровую стальную стенку реактора. Грунтовые воды вокруг всех АЭС на много километров вокруг загрязнены тритием. Тритий легко связывается протоплазмой клеток. Распадаясь, тритий испускает мощное бета-излучение и превращается в гелий. Такое превращение для живой клетки очень опасно, поскольку — если совершается около цепочек ДНК и РНК — приводит к мутациям и, соответственно, к нарушениям работы генетического аппарата, может вызывать раковые и другие тяжёлые заболевания. Даже МАГАТЭ в одном из своих обзоров признало, что наличие трития вокруг АЭС скоро станет «главной головной болью».

Ещё один радиоактивный элемент, не улавливаемый никакими фильтрами и в большом количестве выбрасываемый в окружающую среду всеми АЭС, — радиоуглерод, углерод-14 (C-14, период распада 57 тыс. лет). Он в большом количестве накапливается в биосфере, замещая обычный углерод в органических соединениях. При распаде углерод-14 превращается в азот, и молекула органического соединения, в которую входил радиоуглерод, разрушается. Если это происходит в молекуле ДНК или РНК, происходит разрыв хромосомы и возникает мутация. Есть предположения, что накопление углерода-14 ведёт к замедлению роста деревьев. Сейчас в составе атмосферы количество углерода-14 увеличено на 25% по сравнению с до-атомной эрой.

Криптон-85, радиоуглерод, тритий — примеры так называемых «глобальных» радионуклидов. Глобальные радионуклиды, будучи выброшенными в одном месте, неиз-

Рисунок 10

Прогнозируемое изменение электропроводности атмосферы из-за выбросов Kr-85 предприятиями ядерно-топливного цикла (в % к фоновому уровню начала 1980-х гг.) при дочернобыльских темпах развития атомной энергетики



Легасов В.А., Кузьмин И.И., Черноплектов А.Н.
Влияние энергетики на климат // Известия АН СССР.
Сер. «Физика атмосферы и океана». 1984.
Т. 20. № 11. С. 1089–1103.

бежно распространяются по всей планете. Благодаря глобальным радионуклидам, на Земле не осталось мест, где не было этих исчадий атомных реакций, опрометчиво запущенных человеком в середине XX в. Где бы ни находился человек, с каждым глотком воздуха, с каждым стаканом воды, он невольно насыщает свой организм этими радионуклидами.

Рассказ об опасностях штатных выбросов АЭС будет недостаточно полным без упоминания о присутствующем в выбросах любой АЭС радиоактивном йоде. Большинство выбрасываемых в очень небольшом количестве изотопов йода распадается в первые дни и часы (самый опасный из них йод-131, распадающийся за 80 дней). Но среди изотопов йода есть йод-129, продолжительность распада которого составляет 157 млн лет. Попавши в среду, он будет там существовать вечно и постепенно накапливаться. Радиоактивный йод вызывает нарушение гормонального баланса у человека, летаргию и ожирение, нарушения беременности.

Ещё одна проблема, недооценённая обществом и сознательно замалчиваемая атомщиками, — проблема плутония. В земной коре было не более 50 кг этого сверхтоксичного элемента до начала его производства человеком в 1941 г. Сейчас глобальное загрязнение плутонием принимает катастрофические размеры: атомные реакторы мира произвели уже сотни тонн плутония. В ходе штатной работы АЭС плутоний вроде бы не должен попадать в окружающую среду — он появляется после облучения урана, т.е. в отработавшем ядерном топливе (ОЯТ). Но в результате неизбежного повреждения ТВЭЛов он попадает из таких ТВЭЛов в охладитель первого контура на любой АЭС и, в конце концов, — в окрестности АЭС. На расстоянии до 10 км от Ленинградской АЭС в почве содержание плутония составляет 114-262 Бк/м² — в полтора раза выше уровня глобального загрязнения от проведённых ядерных взрывов, аварии на Чернобыльской АЭС и аварий спутников (см. гл. 4). По соотношению изотопов плутония-238 и плутония-239 к плутонию-240 ясно, что это — возникший в ходе работы АЭС так называемый «энергетический», а не выпавший после атомных испытаний в атмосфере «оружейный» плутоний.

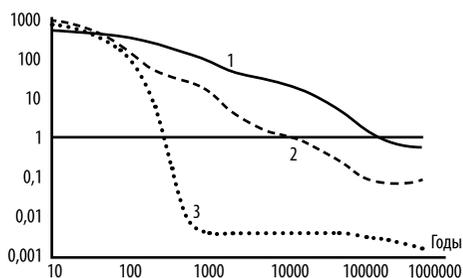
Йод-129, плутоний, нептуний-237 (период распада 22 млн лет), радиоуглерод, технеций-99 (период распада более 2 млн лет), цезий-135 (период распада 23 млн лет), другие долгоживущие радионуклиды, образующиеся в ходе запущенных человеком атомных реакций, и в ничтожных количествах так или иначе попадающие в окружающую среду, называются «вечными». Эти, возникшие в реакторах АЭС, радионуклиды будут отравлять биосферу на протяжении многих тысячелетий (рис. 11).

Успокоительные заверения атомщиков о малом влиянии этих «вечных» радионуклидов, потому что их количество и активность пренебрежимо мала, основаны на методологически опасной идеологии «средней температуры по больнице». Благодаря процессам биоаккумуляции, даже исходно ничтожные концентрации радионуклидов могут увеличиваться тысячекратно, да и кто дал право атомщикам на веки вечные отравлять нашу Землю?

Рисунок 11

Уровень радиотоксичности продуктов распада урана в реакторах АЭС сравнительно с природной урановой рудой (горизонтальная линия) и время существования этих продуктов в биосфере

Средняя радиотоксичность: 1 — продуктов расщепления (без актиноидов), 2 — актиноидов (в основном, плутония и америция), 3 — остеклованных высокоактивных РАО.



Klaassen F. Environmental aspects of the nuclear fuel cycle // Environment. 2008. № 1. P. 32–36, fig. 4.

В этой главе была приведена лишь малая часть данных, говорящих о том, что все без исключения АЭС вместе с другими предприятиями ядерно-топливного цикла — как зарубежные, так и отечественные, — являются источниками опасного радиоактивного и теплового загрязнения биосферы. После прекращения атомных взрывов реакторы АЭС остаются основными производителями опасных для жизни на планете радионуклидов. *«Современный уровень знаний, — как пишут сами атомщики, — не позволяет полностью решить эту проблему»** — проблему обеспечения радиационной безопасности населения и природы Земли от глобальных и вечных радионуклидов.

ГЛАВА 3

Кому нужны «мирные» ядерные взрывы?

Атомщики всегда знали, что экологические последствия так называемых «мирных» ядерных взрывов (МЯВ) опасны для природы и человека. Прагматизм американцев помог им раньше остановиться на этом экологически опасном пути: они быстро свернули свою программу МЯВ под названием «Плут» и почти не вынесли ядерные взрывные технологии за пределы испытательных полигонов. Населению и природе бывшего СССР не повезло, и вся страна оказалась превращена в ядерный полигон: МЯВ прогремели в 124 местах (в том числе в 81 — в России; рис. 12).

Загрязнение атмосферы и поверхности земли

Радиационное загрязнение атмосферы и поверхности земли происходило при всех МЯВ. Взрыв от взрыва отличается лишь масштабом такого загрязнения и временем, когда оно проявляется на дневной поверхности. Точными методами удаётся зафиксировать выброшенные в атмосферу радионуклиды даже от небольших МЯВ на противоположной стороне Земли (!) уже через несколько дней.

Отсутствие данных по радиационному загрязнению для многих МЯВ объясняется тем, что большая часть взрывов была проведена в труднодоступной удалённой местности, и никто не проводил независимого от атомщиков обследования таких территорий. Измерения радиоактивности ближайших территорий уже через несколько дней после большинства взрывов атомщиками прекращались, а полученные за эти первые дни ограниченные данные оставались секретными на протяжении многих лет.

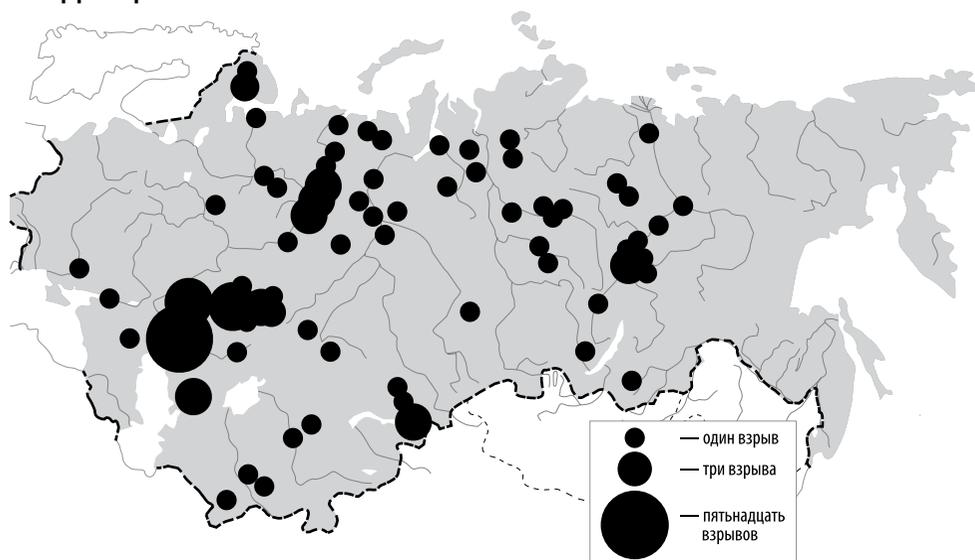
Подземное загрязнение

Распространяясь от полости взрыва, относительно безобидные радионуклиды могут превращаться в более опасные. Так, газы криптон-90 и ксенон-137 (периоды распада, соответственно, 5 и 38 мин.) превращаются в опасные стронций-90 и цезий-137 (период распада у обоих около 300 лет). Распространяясь после взрыва в глубинах, эти газы на-

* Василенко И.Я., Лягинская А.М., Осипов В.А. Радиационно-экологическая оценка глобальных радионуклидов (Н-3, С-14, Кг-85, I-129): Тезисы докладов Третьего съезда по радиационным исследованиям (14-17 октября 1997 г., Москва). Т. 1. С. 431.

Рисунок 12

Места проведения подземных ядерных взрывов в «мирных» целях на территории бывшего СССР



Яблоков А.В. *Атомная мифология: Заметки эколога об атомной индустрии*. М.: Наука, 1997. С. 186, рис. 9.1.

вечно загрязняют подземные воды радио-токсичными цезием-137 и стронцием-90. Водяные потоки под землёй распространяются обычно со скоростью от нескольких метров до сотен метров в год. По глубинным разломам (которые есть везде в земной коре на глубинах около 1000 м, т.е. там, где обычно и производились МЯВ) средне- и долгоживущие радионуклиды могут мигрировать на сотни километров.

Огромное количество радионуклидов, содержащееся в полости взрыва и её окрестностях, заметно сократится только через 100-200 лет. И только лет через 500 общая радиоактивность продуктов МЯВ сократится до сравнительно безопасных величин. Однако при этом радиационное загрязнение йодом-129 (период распада 157 млн лет), плутонием-239 (240 тыс. лет), углеродом-14 (57 300 лет) сохранится в местах проведения МЯВ навечно.

Возникающий после любого МЯВ радиоактивный углерод-14 опасен тем, что легко замещает обычный углерод в органических соединениях, и при распаде внутри клетки он неизбежно вызывает радиационные поражения. Огромная опасность МЯВ связана с образованием сверх-подвижного трития (об опасностях трития см. выше в гл. 2). Везде, где были проведены соответствующие исследования, тритий обнаруживался в сотнях метров от скважин МЯВ.

Влияние МЯВ на здоровье человека

Систематических и длительных специальных медицинских наблюдений за здоровьем населения, которое могло пострадать от МЯВ, никогда не проводилось. Поэтому заявления атомщиков о радиационной безопасности МЯВ для населения не могут быть приняты всерьёз.

Есть свидетельства, что длительное пребывание человека в местах проведения МЯВ, даже при сравнительно незначительном радиационном загрязнении поверхности,

может каким-то образом влиять на состояние иммунной и кроветворной систем человека. Из ряда мест, где было заметное радиационное загрязнение от МЯВ вблизи посёлков, есть сообщения об увеличении там случаев заболевания редкими формами рака.

Разработчики технологии МЯВ переоценили достаточность своих знаний, заявляя о радиационной безопасности МЯВ, хорошо зная, что созданные МЯВ радионуклиды будут существовать тысячелетия. Если они искренне не задумывались о долгосрочных последствиях своей деятельности, то это свидетельствует об их низкой не только экологической, но и инженерной культуре.

МЯВ — инициаторы землетрясений

Колебания земной коры (наряду с радиационным загрязнением) являются одним из основных экологических последствий МЯВ. Различные сейсмические волны, вызванные МЯВ (упругие, ударные, волны разрежения и волны от обрушения свода полости взрыва), улавливались точными геофизическими приборами на расстояниях тысяч километров. К сожалению, ни разработчики МЯВ, ни их исполнители не особенно интересовались долгосрочными сейсмическими последствиями МЯВ.

Через некоторое время после любого МЯВ в его ближних и дальних окрестностях происходят подвижки недр (афтершоки). Афтершоки фиксировались на расстояниях до 3000 км от места МЯВ. На протяжении до двух с половиной месяцев после взрыва наблюдалось от 100 до 2500 подвижек на каждый МЯВ. Иногда энергия таких искусственных землетрясений превосходила энергию исходного взрыва. Самые сильные землетрясения происходили в первые месяцы после взрыва в радиусе до 100 км.

Неожиданные результаты дало и исследование микроколебаний земной коры, происходящих на протяжении не более нескольких секунд (так называемые «микросейсм»). В местах проведения МЯВ через много лет недра вибрируют, дрожат на протяжении десятилетий.

От мест проведения МЯВ распространяются в земной коре также и *очень медленные волны*. Такие волны могут распространяться со скоростью нескольких десятков километров в год. Поскольку степень затухания таких волн ничтожна, они будут существовать очень долго, воздействуя на среду на расстоянии сотен и тысяч километров от места взрыва. Если представления о медленных волнах в земной коре окажутся справедливыми, то не исключено, что главные тектонические последствия проведенных МЯВ ещё впереди. Как долго будет стонать раненная атомными взрывами Земля? Напрашивается аналогия с известным фантастическим рассказом Рэя Брэдбери, в котором неземной пришелец на протяжении десятков лет заносит руку для удара...

Нарушение геологической среды

МЯВ являются самым мощным из всех созданных человеком факторов дестабилизации недр (литосферы). Взрыв мощностью 10 килотонн необратимо изменяет геологическую среду в радиусе около 3 км, а взрыв в 100 кт — в радиусе более 30 км. Возникновение новых и оживление старых геологических разломов, активизация выхода на дневную поверхность разного рода газов, в том числе экологически опасных (радон, сероводород и др.) — всё это наблюдалось при МЯВ.

Немедленно после взрыва, в результате сильного сжатия подземных вод, образуется купол подземных вод и депрессионная воронка. Заполнение водой депрессионной воронки может продолжаться годы. Сразу после взрыва часто происходит резкий подъём уровня подземных вод — вплоть до фонтанирования (в том числе с образованием

грифонов). Предполагается, что в результате усиления циркуляции подземных вод в зоне многих МЯВ со временем должны развиваться процессы выщелачивания и карстования.

Сейчас появляются запоздалые признания, что геологические знания при осуществлении ряда МЯВ были недостаточными для обеспечения безопасности их проведения. Это игнорирование геологических знаний оказывалось при проведении взрывов не исключением, а правилом: ни для одного МЯВ недр не были предварительно изучены с тщательностью, достаточной как для определения всех возможных путей распространения продуктов взрыва, так и влияния расходящихся от полости взрыва волн.

Зная, что эхо от каждого подземного ядерного взрыва разносится по всему земному шару (об этом стало известно уже в конце 1960-х гг.), атомщики ни для одного МЯВ (!) не организовали длительных наблюдений, охватывавших как сейсмические (тектонические и микросейсмические), так гидрологические, атмосферные, электромагнитные, гравитационные и биологические параметры. Временные станции наблюдения около мест проведения МЯВ сворачивались уже через несколько дней. В дальнейшем (в лучшем случае, раз в несколько лет), места проведения некоторых МЯВ посещались на предмет обнаружения радиационных загрязнений.

Проведение МЯВ на территории СССР принесло не прибыль, а суммарный ущерб, многократно превышающий полученную выгоду. Надо учесть, что размеры ущерба будут нарастать по мере обнаружения и ликвидации последствий проведения МЯВ.

Теоретики и практики ядерно-взрывных технологий и в США, и, особенно, в СССР действовали по принципу «рванём, а там посмотрим, что получится». Принцип предосторожности, прочно вошедший в инженерную деятельность ещё в начале 1980-х гг., оказался чужд атомщикам. Изредка, впрочем, оценивая практику проведения МЯВ, атомщики самокритично признают, что в своё время «нагадили изрядно»*.

Торжественно отмечая в 2000 г. 35-летие применения в СССР ядерно-взрывных технологий, Минатом вынужден был признать: «...цели, предусмотренные программой “Ядерные взрывы для народного хозяйства” не были достигнуты. Остались не до конца изучены некоторые явления и процессы, принципиально важные для промышленного внедрения ядерно-взрывных технологий. К ним, в первую очередь, относятся долговременный (сотни и тысячи лет) прогноз безопасности продуктов взрыва, оставляемых под землёй на большой глубине, миграция продуктов взрывов в пористых коллекторах, технологические трудности локализации радиоактивных рассолов в подземных ёмкостях-хранилищах после окончания их эксплуатации». Итак, применение ядерно-взрывных технологий было поспешным и недопустимым с точки зрения долгосрочных последствий. Однако в следующем абзаце этого необычно самокритичного признания Минатом делает сногшибательный вывод: «...мирные ядерные взрывы... могут быть эффективно использованы в промышленных целях в будущем»**(!). Вот в обнажённом виде логика атомщиков: хотя «принципиально важные для промышленного внедрения» ядерно-взрывных технологий процессы не изучены, тем не менее, проводить МЯВ возможно!

Опасные планы

США свернули программу «Плут» уже к 1973 г. Их опыт не пошёл нам впрок: советские МЯВ продолжались до 1988 г. Если бы не международный запрет, то атомщики навзрывали бы свои атомные бомбы во многих местах Сибири. Они и сейчас, не признавая очевидной опасности МЯВ для природы и человека, продолжают планировать всё новые

* Губарев В. Бомба в роли эколога // Российская газета. 1994. 7 сент. С. 5.

** Ядерные взрывы в СССР. Вып. 4. Мирное использование ядерных взрывов / Под ред. В.Н. Михайлова. М., 1994. С. 4.

МЯВ. «Возможности применения МЯВ продолжают и сегодня волновать умы учёных, инженеров и практиков», — пишут видные атомщики уже в наше время*.

«Взволнованные умы» атомщиков, не находящих времени и средств для исследования опасных последствий уже осуществлённых МЯВ, сегодня настроены на новые ещё более опасные разработки. Они договариваются даже до заявлений, что без МЯВ «...сохранить природную среду... невозможно»**. Приведу несколько примеров таких опасных планов.

В 1994 г. министр по атомной энергии В. Михайлов, министр обороны П. Грачёв и главный военный инспектор России К. Кобец направили Президенту России письмо, в котором они просили разрешения провести на Новой Земле серию подземных ядерных взрывов для уничтожения накопившегося отработавшего ядерного топлива подводных и надводных кораблей. Только жёсткая позиция Министерства иностранных дел России, посчитавшего, что реализация проекта не позволит заключить готовившийся тогда Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (был открыт для подписания в 1996 г.), остановила проект.

Утверждая, что во время проведения ядерных подземных испытаний крупные землетрясения в мире наблюдались, якобы, «гораздо реже», сотрудники Федерального ядерного центра ВНИИТФ (Всероссийский НИИ технической физики) в Снежинске не так давно писали, что целесообразно «регулярно проводить специальные подземные ядерные взрывы» для «снятия накопившихся напряжений»*** и снижения вероятности крупных землетрясений. Но где гарантия того, что МЯВ снимут напряжение, а не стимулируют страшные землетрясения?

Через средства массовой информации атомщики запугивают нас опасностью неизбежного столкновения Земли с астероидом и предлагают мирным ядерным взрывом изменить траекторию полёта астероида-убийцы. Вероятность столкновения Земли с блуждающими крупными астероидами, которые могут вызвать вселенскую катастрофу (считается, что это под силу астероиду диаметром около километра), ничтожна (1 на миллиарды лет), и нам не надо принимать какие-то меры. Создание системы раннего оповещения землян о приближении такого астероида обойдётся в триллионы долларов. Но даже если это будет сделано, неизвестно, можно ли будет без опасных последствий для Земли взорвать на поверхности астероида ядерный боезаряд. Поэтому продолжающиеся в ВНИИТФ работы по использованию ядерных зарядов для защиты Земли от космических «пришельцев» — это очень опасные игрушки для взрослых.

Атомщики не скрывают, что хотели бы вернуться к осуществлению ещё более обширных программ МЯВ, охватывающих всю территорию России: «Значительная её часть (России. — А.Я.) может быть использована для сооружения подобных промышленных объектов (захоронения опасных промышленных стоков. — А.Я.)... К таким территориям относится ряд регионов... Западной и Восточной Сибири», — писал в 2000 г. руководитель Минатома В.Н. Михайлов****.

Нельзя запретить учёным и инженерам разрабатывать всякие, на первый взгляд, фантастические проекты. Но в каждом полёте технической мысли должна присутствовать ещё и гражданская ответственность и, на всякий случай, чувство самосохранения. Впрочем, может быть, атомщики таким образом хотят сократить численность людей на Земле?

* Матущенко А., Логачёв В. И был атом рабочим, а не солдатом // АТОМПРЕССА. 2000. № 3-5. С. 3.

** Губарев В. Бомба в роли эколога // Российская газета. 1994. 7 сент. С. 5.

*** Ядерные взрывы в СССР. Вып. 4. Мирное использование ядерных взрывов / Под ред. В. Н. Михайлова. М., 1994. С. 4.

**** Мирные ядерные взрывы. Обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении. Факты. Свидетельства. Воспоминания / Отв. ред. В.А. Логачёв. М.: ИздАТ, 2001. С. 416.

«Мирные» ядерные взрывные технологии несут больше опасностей, чем пользы и с военно-политической, и с экологической точек зрения. Тех же целей можно достичь менее опасными и экономически более эффективными способами.

С экологической и технологической точек зрения отличить «мирный» ядерный взрыв от «не-мирного» невозможно. Первый ядерный взрыв Индии, проведённый в 1976 г. под маской МЯВ, привёл к краху режима нераспространения и стал началом ядерной гонки в Азии.

В последние годы разработчики МЯВ выдвигают идею придания всем местам проведения МЯВ *«статуса могильников радиоактивных отходов... расположенных под землёй на глубине от сотен метров до нескольких километров»**. Соглашаясь с этим предложением, добавлю: нужно не только придать зонам МЯВ статус радиационных могильников, но и разработать и осуществить мероприятия по надёжной локализации находящихся в таких могильниках радиоактивных отходов. До этого все места проведения МЯВ должны быть нормативно определены как **неконтролируемые места захоронения опасных радиоактивных отходов**. Надо разработать и осуществить меры по надёжной локализации и контролю находящихся там радионуклидов, но при этом надо быть готовым к тому, что стоимость таких мероприятий будет много выше затрат на проведение самих МЯВ.

То, что в федеральной программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности» (2001) специальный раздел отведён ликвидации последствий МЯВ, может рассматриваться как официальное признание правоты общественных экологических организаций, которые много лет настаивали на необходимости реабилитации территорий вокруг МЯВ. Теперь дело за малым: по всем без исключения местам проведения МЯВ принять меры по обеспечению их безопасности. Удастся ли это сделать?

ГЛАВА 4

На земле, в небесах и на море...

Мимо российского общественного сознания обычно проходит то, что небольшие ядерные энергетические установки (ЯЭУ) и радиоизотопные источники энергии используются и в космических программах, и в навигации, и в связи, как долгоживущие и мощные источники электроэнергии. В то же время все они представляют серьёзную и неожиданную экологическую угрозу для любого уголка планеты.

Радиоизотопные термоэлектрические генераторы на земле

Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГи) используются в России для питания маяков, радиомаяков, метеостанций, установленных в безлюдных местах. Было изготовлено, по-видимому, около 1500 РИТЭГов для Минобороны, Минтранса, Госкомгидромета и Министерства геологии. В ведении Минтранса находится, например, 386 РИТЭГов, Минобороны — 535.

* Мясников К.В., Касаткин В.В., Ахунов В.Д. Научно-технические и экологические аспекты подземных ядерных взрывов в мирных целях, проведённых на территории России // Геоэкология. 1998. № 6. С. 41–54.

Таблица 10

Заброшенные РИТЭГи на Чукотке

Мыс Нутэвги	РИТЭГ имеет сильные внешние повреждения от транспортной аварии 1983 г. Установлен в непосредственной близости от термокарстовой депрессии
Мыс Охотничий	РИТЭГ затаян в песок у прибойной зоны
Мыс Сердце-Камень	РИТЭГ находится в 3 м от обрыва высотой до 100 м
Остров Нунэанган	Излучение около РИТЭГа превышает установленные пределы в 5 раз
Мыс Чаплина	Предел допустимой дозы около корпуса превышен в 25 раз
Остров Чеккуль	Излучение около РИТЭГа превышает установленный предел на 35%
Остров Шалаурова	Излучение около РИТЭГа превышает установленный предел в 30 раз
Мыс Наварин	Излучение около РИТЭГа превышает установленный предел в 870 раз

Алимов Р. Радиоизотопные термоэлектрические генераторы / Росситийская атомная промышленность: необходимость реформ (Доклад объединения «Беллона», № 4). СПб., 2004. С. 197.

известными некоторые данные по Чукотке (табл. 10) и по некоторым другим местам, где использовались РИТЭГи.

Известны случаи специального разрушения РИТЭГов и кражи их содержимого в Ленинградской, Мурманской, Сахалинской, Магаданской областях, Якутии, Красноярском и Приморском краях. Нет сомнения, что все те, кто из-за жадности или любопытства «распотрошил» РИТЭГ, погибли от смертельной дозы облучения. Но и многие ничего не подозревающие люди могли смертельно пострадать от этих действий. Так, например, радиоактивная ампула из разграбленного РИТЭГа с маяка недалеко от границы с Эстонией (уровень излучения вблизи — 1000 Р/ч) была найдена на автобусной остановке в г. Кингисепп, в 50 км от места происшествия. По меньшей мере, три человека, укравшие источник, погибли, но при этом многие десятки могли получить опасные для здоровья дозы облучения.

Отвечая на критику «зелёных» атомщики порой говорят: «нельзя винить спички в пожарах». Но давайте подумаем, кто же виноват в том, что население и природа Севе-

В каждом РИТЭГе содержится одна (или несколько) ампул со стронцием-90 с начальной активностью от 35 000 до 510 000 Ки. Общая радиоактивность всех выпущенных РИТЭГов составляет около 100 млн Ки — больше, чем по официальным данным было выброшено в атмосферу в результате Чернобыльской катастрофы. Один РИТЭГ по радиоактивности сравним с реактором атомной подводной лодки.

Как устроен типичный РИТЭГ? Стронций-90 (в форме титанита — SrTiO_3) помещён в герметически закрытую стальную жаропрочную ампулу, окружённую свинцовой защитой. Все это помещено в стакан из нержавеющей стали и окружено (в разных вариантах) слоями обеднённого урана, алюминия и вольфрама, которые ослабляют выходящее за пределы установки излучение. По нормам, предельная мощность дозы на расстоянии 1 м от поверхности установки не должна превышать 10 мР/ч.

Все выпущенные в СССР и имеющиеся на территории России и бывших республик СССР РИТЭГи выработали свой срок (10-30 лет) и должны быть утилизированы. РИТЭГ станет радиационно безопасным только через 300 лет.

В Росатоме сегодня признают, что проблемы РИТЭГов имеют «важность не только для безопасности России, но и для большинства стран Северного полушария Земли»*. Эта тревога понятна, если иметь в виду ставшие

* Протокол семинара КЭГ «Обеспечение безопасности и защиты радиоактивных источников: Вывод из эксплуатации и замещение радиоизотопных термоэлектрических генераторов (РИТЭГ)», 16-18 февраля 2005 г., Осло, Норвегия (http://www.iaea.org/ourwork/st/ne/nefw/cwg/documents/ws022005_rusrecord.pdf).

ра, Сибири и Дальнего Востока оказались под угрозой радиационного загрязнения в результате распространения РИТЭГов? Мне кажется, что виноваты:

- ... конструкторы-атомщики, которые спроектировали недостаточно защищённые (от взлома, ударов, коррозии и т.п.) конструкции;
- ... эксплуатирующие организации, устанавливавшие РИТЭГи в опасных местах, скрывавшие обнаруженные повреждения и повышение радиоактивности и переставшие заботиться об этих опасных источниках излучения;
- ... органы власти, махнувшие рукой на эту проблему.

Однако на энтузиастах-атомщиках особая ответственность. Именно они создали предпосылки опасного радиационного загрязнения. Великий пророк эры атома В.И. Вернадский писал в 1922 г.: «Учёные... должны себя чувствовать ответственными за все последствия их открытий...»*. Этого чувства ответственности явно не достаёт атомщикам. Даже в 2005 г. на Научно-техническом совете Росатома говорилось: «Основные усилия при проведении новых разработок (в области «радионуклидной энергетики». — А.Я.) направлены на... повышение выходной мощности, увеличение срока службы. Одна из последних разработок — РИТЭГи с увеличенным сроком службы до 50 и более лет»**.

В последние годы российские атомщики с удовольствием используют миллионы долларов, предоставленные Норвегией, Канадой, Францией, Германией, Данией и США для того, чтобы собрать и утилизировать разбросанные по просторам России РИТЭГи. Да не только используют, а выключивают всё новые средства. Вот что заявил, например, заместитель руководителя Росатома В. Ахунов в 2005 г. на совещании по проблеме РИТЭГов «...к сожалению, такие места, где ни один из доноров не видит своего участия и своей по-

РИТЭГ у заброшенного маяка на о-ве Шалаурова (Чукотка)

Фото было сделано туристами летом 2005 г. Радиационный фон на острове превышал допустимый на 30%.



Фото с сайта <http://www.yaplakal.com/print/forum2/topic228780.html>

Вышедшие из строя РИТЭГи на берегу Кольского залива. Ноябрь 2003 г.

К августу 2008 г. в рамках совместного российско-норвежского проекта полуостров был полностью освобождён от РИТЭГов, взамен которых на маяках были установлены солнечные батареи. С побережья Баренцева и Белого морей было вывезено 153 РИТЭГа, которые содержали около 20 млн кюри радиоактивных веществ (http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2008/1220009232.06).



Фото: «Беллона» (http://www.bellona.ru/russian_import_area/international/russia/navy/northern_fleet/incidents/31772)

* Вернадский В.И. Очерки и речи. М.: НХТИ, 1922. Вып. 1. С. 8.

** Даниленко К.Н., Кузев В.Н., Михайлов В.Н., Чебышев С.Б. Ядерное приборостроение измерительной-информационные технологии атомной промышленности. Доклад НТС-8 на юбилейном заседании НТС Росатома 28.09.2005 г. (<http://www.iss.niit.ru/nts-8/index.htm>).

мощи, есть. И мы тут остаёмся один на один с проблемой. Но, надеюсь, что, когда мы представим донорам всю картину по РИТЭГам, то, может быть, их позиция начнёт меняться...»* Это было сказано тогда, когда золотой запас страны был одним из самых больших в мире и когда Правительство России выделяло десятки миллиардов долларов на развитие атомной индустрии. Из приведённой цитаты следует и ещё один неприятный вывод: то, что известно из открытых источников о состоянии дел с РИТЭГами, не даёт всей картины, которая, видимо, куда как более тревожная...

Паника других стран по поводу наших РИТЭГов вызвана, конечно, не их опасностью для россиян, а тем, что из радиоактивной начинки РИТЭГов террористы легко могут изготовить «грязную» бомбу, от которой могут пострадать жители этих стран. Было бы славно, если бы российское правительство похожим образом заботилось о жизни и здоровье своих граждан.

В 1998 г. в далёком селе Ванкарем на Чукотке умерла двухлетняя девочка от лейкемии... Неизлечимая болезнь может унести тебя или твоего ребёнка только потому, что где-то совсем недалеко от посёлка забытый, брошенный и никому не нужный валяется какой-то там РИТЭГ...

Из письма «КАЙРА-Клуба» (Анадырь) в Международный Социально-Экологический Союз (Бюлл. по ядерной и радиационной безопасности. 1999. № 6. С. 10–11)

В 1987 г. вертолёт Дальневосточного управления гражданской авиации по заявке Минобороны России транспортировал на подвеске в район мыса Низкий на восточном побережье Сахалина РИТЭГ весом в 2,5 тонны. Как объяснили пилоты, погода была ветреная, и вертолёт разболтало так, что они, предотвращая падение, были вынуждены сбросить груз в море. В августе 1997 г. другой РИТЭГ того же типа рухнул с вертолёта в море в районе мыса Марии на севере острова Сахалин. ... В настоящее время оба РИТЭГа лежат на морском дне.

Р. Алимов. Радиоизотопные термоэлектрические генераторы. 2 апреля 2005 г. (http://www.bellona.ru/russian_import_area/international/russia/navy/northern_fleet/incidents/37598)

В общем, если вы в течение ближайших 250 лет встретите на морском побережье, в сибирской тайге или в горах странное на вид металлическое сооружение с ребристыми поверхностями — лучше не подходите к нему близко и ни в коем случае не пытайтесь разобрать его на части. Это может быть смертельно опасно.

Опасность атомных источников энергии в космосе

Несмотря на то, что при освоении космического пространства используются самые совершенные из имеющихся в распоряжении человечества технологий, множится число аварий с участием космических аппаратов с атомными установками, и под угрозой таких аварий находится практически любой участок поверхности Земли.

Первая ядерная энергетическая установка (ЯЭУ) запущена в космос на американском спутнике «Snapshot» в 1965 г. с топливом в виде урана-235 (она осталась до сих пор единственным американским и вообще несоветским запуском спутника с ядерным реактором на борту). Первая советская ЯЭУ БЭС-5 «Бук» на спутнике-шпионе «Космос-367» была запущена в космос в 1970 г. В реакторе на быстрых нейтронах (БР-5А) установки также использовался уран (30 кг). До 1988 г. было запущено 32 спутника-шпиона с этой установкой. В 1987 г. СССР вывел на околоземную орбиту новый более эффективный

* Ахунов В. За безопасное обращение с РИТЭГами, 22.03.2005 (<http://www.minatom.ru/News/Main/viewPrintVersion?id=16581>).

(электрическая мощность 6 кВт) термоэмиссионный реактор-преобразователь «Топаз-1» на борту спутника-шпиона «Космос-1818». Топливом служил диоксид урана с 90%-ным обогащением по урану-235 (11,5 кг).

По окончании срока работы на орбите высотой около 270 км реактор отделялся и переводился на «орбиту захоронения» на высоте около 800 км. Считается, что на этой высоте реактор может существовать несколько сотен лет. За это время большая часть продуктов деления распадётся, и наши потомки как-то решат вопрос о безопасной утилизации остающихся радионуклидов.

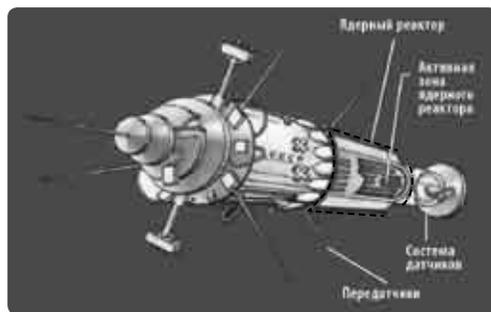
Кроме ядерных реакторов в космических программах широко используются радиоизотопные термоэлектродгенераторы — РИТЭГи. В них используется не управляемая цепная реакция, а энергия естественного распада радиоактивных изотопов (стронция-90, плутония-238 и др.). Первые РИТЭГи в космосе появились на американских спутниках «Транзит». На советских спутниках связи «Космос-84», «Космос-90» (1965 г.) и на луноходах (1970-1973 гг.) использовались РИТЭГи на основе полония-210.

Из 60 спутников с ядерными и радиоизотопными энергетическими установками (25 — США, 41 — Россия), по крайней мере, в 15 случаях произошли аварии или инциденты. Вот их неполный перечень:

- ... 1964 г. — в результате аварии при запуске американского навигационного спутника «Транзит-5» с РИТЭГом 950 г плутония-238 (общая активность около 17 тыс. Ки) рассеялось в атмосфере, увеличив в несколько раз (!) в ней содержание этого радиоизотопа;
- ... 1965 г. — авария с выбросом радионуклидов из атомного реактора американского спутника «Snapshot» (после этого американцы перестали запускать в космос ЯЭУ);
- ... 1968 г. — в результате аварии американского метеорологического спутника «Нимбас» плутониевый РИТЭГ упал у побережья Калифорнии в Тихий океан;
- ... 1969 г. — радиоактивное загрязнение атмосферы в результате неудачного запуска спутников-шпионов «Космос-300» и «Космос-305»;
- ... 1970 г. — плутониевый РИТЭГ упал в Тихий океан после аварийного отстреливания лунной посадочной ступени космического корабля «Аполло-13»;
- ... 1970 г. — на спутнике-шпионе «Космос-367» ЯЭУ «БЭС-5» проработала на орбите 110 минут, после чего расплавилась активная зона и спутник был переведён на «орбиту захоронения»;
- ... 1973 г. — советский спутник-шпион с ЯЭУ упал в Тихий океан к северу от Японии;
- ... 1975 г. — после аварии спутника-шпиона «Космос-785» с ЯЭУ на борту, активная зона реактора была отделена и переведена на «орбиту захоронения»;
- ... 1978 г. — в результате аварии спутника-шпиона «Космос-954» в Канаде радиоактивно загрязнена территория около 80 тыс. км² (по другим данным — 124 тыс. км²); некоторые из многих сотен обнаруженных радиоактивных осколков

Схема советского спутника «Космос-954», с которым был связан громкий международный скандал

Энергетическая установка (мощностью 3 кВт и ресурсом работы 1080 часов) имела реактор на быстрых нейтронах и термоэлектрический генератор. Реактор работал на уране-235. Сама установка имела массу около тонны.



Википедия (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Космос-954>)

- имели мощность излучения 200-500 Р/ч; дезактивация почвы на месте их падения обошлась в несколько миллионов долларов;
- ... 1981 г. — на спутнике-шпионе «Космос-1266» с ЯЭУ после выхода из строя бортового оборудования активная зона реактора была отделена и переведена на «орбиту захоронения»;
 - ... 1983 г. — в результате аварии на орбите спутника-шпиона «Космос-1402» ЯЭУ вошла в атмосферу, что привело к срабатыванию дублирующей системы радиационной безопасности, выбрасывающей ТВЭЛы из корпуса реактора, после чего они рассеиваются (тем не менее, радиоактивно загрязняя атмосферу);
 - ... 1983 г. — в Атлантику упал спутник-шпион «Космос-1402»; при вхождении ЯЭУ в атмосферу система радиационной безопасности рассеяла активную зону реактора;
 - ... 1988 г. — активная зона реактора аварийного спутника-шпиона «Космос-1900» переведена на «орбиту захоронения»;
 - ... 1996 г. — остатки разрушившейся российской космической станции «Марс-96» с ЯЭУ упали в Тихий океан вблизи от чилийского побережья;
 - ... 2008 г. — вокруг переведённого на «орбиту захоронения» в 1987 г. спутника-шпиона «Космос-1818» с ЯЭУ обнаружено 30 фрагментов;
 - ... 12 февраля 2009 г. на высоте 800 км над Сибирью столкнулся находящийся уже 10 лет на «орбите захоронения» спутник-шпион «Космос-2251» с ЯЭУ и американский коммерческий аппарат «Iridium».

После аварии «Космоса-954» (1978 г.) СССР на несколько лет приостановил запуск «ядерных» спутников. После двух аварий ядерных спутников в 1983 г. их запуск снова приостановили, а с 1989 г. прекратили вовсе. На орбитах захоронения к 2004 г. находились 29 атомных реакторов*.

Суммарная активность космических радиоизотопных генераторов на околоземных орбитах ныне составляет свыше 100 тыс. кюри, а по количеству плутония превышает все выбросы плутония от ядерных взрывов в атмосфере. На орбитах 800-1000 км сейчас находится более 50 радиационно опасных объектов. Расчёты показывают, что эти орбиты захоронения вовсе не так безопасны и надёжны, как считалось 30 лет назад. Находящийся здесь в потоке космического мусора каждый ядерный реактор с высокой вероятностью раз в 10 лет должен столкнуться с обломками других спутников, с последующим разрушением и попаданием в атмосферу радиоактивных веществ.

Крайне опасным является использование мощных ЯЭУ и РИТЭГов в космических аппаратах, забрасываемых в Солнечную систему. В 1998 г. массовые протесты в США и ряде других странах вызвала посылка космического зонда «Кассини», который по механике разгона должен был пройти на расстоянии 500 км от поверхности Земли. По официальным расчётам, если бы этот аппарат случайно вошёл в плотные слои атмосферы и разрушился, смертельные дозы облучения от 33 кг двуокиси плутония-238 могли получить 5 млрд человек. Небольшая группа энтузиастов-ракетчиков и атомщиков поставила под угрозу само существование мировой цивилизации!

Фактом является то, что в результате космической деятельности постоянно происходит заметное радиоактивное загрязнение биосферы, причём сотворённые человеком радионуклиды из космоса могут поразить практически любую территорию.

* А. Железняков. Авария спутника «Космос-954» // Секретные материалы. 2004. Сентябрь. С. 14–15 (http://www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia/publications/index.shtml?zhelez_04.html)

«Плавучий Чернобыль» — морская авантюра Росатома*

В 2007-2009 гг. появилось много сообщений о строительстве в России плавучей атомной станции на основе атомных реакторов, прототипы которых работают на атомных подводных лодках и атомных ледоколах. Эти бравурные сообщения сродни тем, которые лет сорок назад расписывали (со слов атомщиков) ближайшее будущее с атомными поездами, самолётами и даже автомобилями.

По проекту, российская плавучая АЭС представляет собой самоходную баржу длиной около 140 м и шириной 30 м, высотой с десятиэтажный дом, водоизмещением 21-24 тыс. т. В ней размещаются два атомных реактора тепловой мощностью по 148 МВт и электрической — по 35 МВт. Ядерное горючее — 996 кг высокообогащённого до 36-47% урана-235. Охлаждение реактора — прямое, морской водой. Расчётный срок работы — 38 лет. Перегрузка активных зон реактора каждые 3 года, с размещением отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в хранилищах на борту ПАТЭС. Раз в 12 лет ПАТЭС должна буксироваться на предприятие-изготовитель для проведения докового ремонта. На место отправляемой в ремонт плавучей станции должна встать точно такая же из общей флотилии ПАТЭС (которая, по планам Росатома, должна состоять из 7-15 станций).

Проект плавучей АЭС



Из презентации Дирекции по строительству плавучих атомных станций (<http://antiatom.ru/ab/node/666>)

История попыток строительства плавучей АЭС

Идея строительства плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) возникла в 60-е годы XX в. в США. Тогда концерн «Вестингауз» создал даже дочернюю компанию и потратил 180 млн долл. на проекты постройки 8 таких АЭС. Идея провалилась из-за сопротивления властей прибрежных штатов США, где планировалось разместить эти ПАТЭС, и из-за явной экономической убыточности проекта (электричество получалось очень дорогое).

В 1990 г. плавучая АЭС начала строиться на Балтийском заводе в Ленинграде, но вскоре все работы были прекращены. В 1992 г. атомщики «протолкнули» в Правительстве идею включить плавучие АЭС в мероприятия по преодолению кризиса топливного энергетического комплекса Дальнего Востока и Восточной Сибири (Постановление Правительства № 389 от 9 июня 1992 г.). В 1994 г. по итогам конкурса Минатома на лучший проект АЭС малой мощности в классе реакторных установок свыше 50 МВт (тепловых) первое место было присуждено проекту с двумя реакторными установками типа КЛТ-40С.

В 1994 г. ПО «Балтийский судостроительный завод» второй раз получил заказ на строительство, а летом того же года Правительство дало поручение разработать технико-экономическое обоснование строительства ПАТЭС в пос. Певек на Чукотке. Постановление Правительства РФ по программе развития атомной энергетики на 1998-2005 гг. (№ 815 от 21 июля 1998 г.) предусматривало сооружение за счёт федерального бюджета одной ПАТЭС на Чукотке и другой в Приморском крае. В том же 1998 г. «Норильский никель», Минатом и администрация Таймырского автономного округа подписали «Хо-

* Раздел написан с использованием материалов брошюры: Кузнецов В.М., Яблоков А.В., Болтон И.Б. и др. Плавучие АЭС России: угроза Арктике, Мировому океану и режиму нераспространения. М., 2001. 101 с.

датайство о намерениях строительства атомной теплоэлектростанции на базе плавучего энергоблока с реакторными установками КЛТ40С в районе г. Дудинки». В 2001 г. концерн «Росэнергоатом» принял решение о разработке проекта ПАТЭС для г. Северодвинска (Белое море).

По расчётам Минатома 1997 г., такая ПАТЭС будет стоить 254 млн долл. Во время «выколачивания» денег из бюджета атомщики заявляли даже, что ПАТЭС будет стоить всего около 150 млн долл. Однако в начале 2007 г. проект оценивался уже в 11,2 млрд руб (448 млн долл.).

Начатое в 1994 г. строительство ПАТЭС на Балтийском заводе в Санкт-Петербурге было вскоре снова прекращено из-за отсутствия финансирования. В 2003 г. концерн «Росэнергоатом» заключил контракт с китайской корпорацией «Машинпекс» на строительство плавучей АЭС. Китай был готов инвестировать в проект примерно 80 млн долл. и даже провёл тендер на такое строительство*.

Но что-то не сложилось, и 14 июня 2006 г. концерн «Росэнергоатом» подписал ещё одно соглашение о строительстве ПАТЭС — с заводом «Севмаш» в Северодвинске. 4/5 финансирования брал на себя концерн «Росэнергоатом», остальные затраты — «Севмаш». 15 апреля 2007 г. ПАТЭС была торжественно заложена в Северодвинске. Это была третья попытка начать строить плавучую АЭС в России.

В разные годы сообщалось о планах Минатома/Росатома разместить плавучие АЭС у г. Дудинка (Таймыр), пос. Тикси (море Лаптевых), посёлков Певек, Провидение и Эгвекинот (Чукотка), городов Эвенск и Охотск (Охотское море), баз ВМФ в г. Вилючинске (Камчатка) и пос. Большой Камень (Японское море), городов Рудная Пристань, Находка и около о-ва Русский (Японское море) и даже в Калининградской области (власти последней сразу же резко отвергли эту идею и выступили с заявлением об опасности такой АЭС). ПАТЭС заинтересовался «Газпром» для работ по освоению Штокмановского месторождения углеводородов на дне Баренцева моря и месторождений полуострова Ямал и прилегающего шельфа.

Чтобы получить побольше прибыли, атомщики планируют размещать ПАТЭС за пределами России. Идея, на первый взгляд, выглядит действительно привлекательно: стране-заказчику не надо заводить собственную атомную промышленность (и получать головную боль от проблемы радиоактивных отходов), — надо просто взять на прокат (в лизинг) ПАТЭС у России, которую будет обслуживать российская команда, и получать чистую электроэнергию (и, если надо, то и тепло и опреснённую воду). Протоколы о таких намерениях в разные годы были подписаны с Индонезией, Китаем, Вьетнамом, Филиппинами, республикой Кабо-Верде (о-ва Зелёного Мыса), Мозамбиком, Намибией, ЮАР и ещё 12 странами.

И вот 18 мая 2009 г. в торжественной обстановке на стапеле «Балтийского завода» в Санкт-Петербурге было в третий раз начато строительство плавучей АЭС. Это стало четвёртой попыткой такого строительства в России.

Началась сборка энергоблока первой плавучей АЭС

В Санкт-Петербурге на ОАО «Балтийский завод» началась стапельная сборка первого энергоблока для плавучей атомной электростанции малой мощности (ПАТЭС ММ)... Закладка первой в мире плавучей атомной электростанции произошла на северодвинском заводе «Севмаш» в 2007 г., завершить её строительство планировалось в 2010 г. Однако позже, в связи с большой нагрузкой предприятия военными заказами, договор с «Севмашем» был расторгнут.

* Рыбальченко И. Атомщики предлагают разделить энергию // Коммерсантъ. 2004. 14 мая. (<http://www.kommersant.ru/doc.aspx?DocsID=474262>).

В феврале 2009 г. контракт на постройку ПАТЭС был подписан с ОАО «Балтийский завод», которому по договору были переданы объекты незавершённого на «Севмаше» строительства. По словам гендиректора ОАО «Концерн "Энергоатом"» Сергея Обозова, запланирована постройка ещё семи энергоблоков подобного типа. Первыми площадками для размещения плавучих АТЭС ММ выбраны камчатский город Вилючинск и чукотский Певек...

Заинтересованность в проекте высказали представители многих стран, которые готовы приобретать российские ПАТЭС. Однако для этого необходимо запустить и проверить в эксплуатации в России первый энергоблок.

Lenta.ru, 18 мая 2009 г. (<http://lenta.ru/news/2009/05/18/paes/>)

Чем плоха плавучая АЭС?

В 2000 г. Международный Социально-Экологический Союз и «Кайра-клуб» (Анадырь) организовали общественную экологическую экспертизу «проекта 20870» Минатома России — проекта ПАТЭС для Певека. Среди экспертов были: испытатель атомных подводных лодок капитан 1-го ранга И. Колтон, государственный инспектор по ядерной безопасности и автор учебного пособия по ядерным энергетическим установкам подводных лодок Е. Симонов, а возглавлял комиссию начальник инспекции по надзору за ядерной и радиационной безопасностью объектов атомной энергетики Госатомнадзора России В. Кузнецов. Результаты этой экспертизы показали, что проект нарушает целый ряд законов (в том числе «Об охране окружающей среды» и «Об использовании атомной энергии»), недостаточно экономически обоснован, не соответствует требованиям нормативных документов по обеспечению безопасной эксплуатации ядерных объектов, не рассматривает альтернативных вариантов энергообеспечения и представляет угрозу для людей и природы Арктики. В целом, реализация проекта была признана недопустимой.

Вскоре, основываясь на результатах этой экспертизы, и с привлечением экономиста, инженера-строителя атомных подводных лодок и инспектора по контролю безопасности ядерных энергетических установок Минобороны Российский «Зелёный крест» и Центр экологической политики России опубликовали обзор, содержание которого ясно из его названия: «Плавучие АЭС России: угроза Арктике, Мировому океану и режиму нераспространения» (2001).

Ниже в тезисной форме некоторые аргументы против планов строительства и размещения плавучей АЭС (подробнее см. в Списке рекомендуемой литературы: Кузнецов и др., 2001; Попова, 2007).

1. История эксплуатации реакторов атомных подводных лодок всегда была и остаётся секретной. Но даже то, что известно (подробнее см. гл. 6), показывает, что атомные реакторы типа КЛТ-40С неприемлемо опасны. Крайне опасно и размещение отработавшего ядерного топлива в хранилищах на самой плавучей АЭС. Даже специалисты-атомщики отмечают поверхностный подход проектировщиков ПАТЭС к возможным «запроектным» событиям (ПАТЭС не имеет защитного колпака, ни хранилище делящихся материалов, ни сама ПАТЭС не способны выдержать обстрел, падение не самого лёгкого самолёта, цунами и проч.).

2. Опасны экологические последствия размещения ПАТЭС (неизбежно тепловое и радиационное загрязнение даже при штатной работе). В случае аварийных ситуаций (весьма реальных, как показывает эксплуатация АПЛ и моделирование) опасное радиоактивное загрязнение распространится на сотни километров. Размещение ПАТЭС в Арктике особенно опасно (в том числе и потому, что более полугодом АЭС будет окружена льдами и её нельзя отбуксировать, если что-то случится).

3. Осуществление проекта строительства ПАТЭС возможно только в случае огромных государственных дотаций. Министр экономики Г. Греф отмечал: «Стоимость одного киловатта установленной мощности плавучей атомной станции — 7,2 тыс. долларов. Это в 7 раз выше, чем в теплогенерации. Это всё ляжет на бюджет и не окупится никогда»*. Это близко к расчётам независимых экспертов. При ежегодных расходах на содержание плавучей АЭС около 30 млн долл. она вряд ли сможет зарабатывать на производимом тепле и электричестве больше 10 млн долл. А к стоимости реализации проекта (около 500 млн долл.) надо добавить проценты по кредитам (около 50 млн долл. ежегодно).

4. Наличие на борту ПАТЭС почти двух тонн высокообогащённого урана (достаточно для изготовления многих десятков атомных бомб; см. гл. 7), наличие ОЯТ, из которого несложно выделить плутоний (достаточный для изготовления ещё десятков бомб), а также присутствие огромного количества других радионуклидов в реакторе и ОЯТ, — всё это делает ПАТЭС *самым привлекательным в мире объектом для терроризма*. Для обеспечения безопасности каждая ПАТЭС должна бы сопровождаться, по меньшей мере, атомной подводной лодкой и несколькими наземными кораблями ВМС. Практически обеспечить подобное прикрытие невозможно, о чём неоднократно заявляло руководство ВМФ. Распространение ПАТЭС в Мировом океане будет означать окончательный крах политики нераспространения ядерного оружия.

Кому нужен потенциальный плавающий Чернобыль? Известно, что для обеспечения энергией арктических посёлков с избытком хватает более дешёвой ветряной электроэнергии, что рядом с «Норильским Никелем» (которому, конечно, не хватит энергии ветряков) на Таймыре есть богатые месторождения газа и угля. Необходимость ПАТЭС на месторождениях газа (где для получения электроэнергии много дешевле использовать газовую турбину) просто удивительна. Все эти странности можно объяснить только одним: атомщики рассчитывают на щедрое государственное финансирование, которое покроет если не всё, то большую часть расходов по строительству и эксплуатации ПАТЭС. ПАТЭС нужна, прежде всего, самим российским атомщикам, которые получают вот уже 15 лет под эту авантюристическую идею солидное государственное финансирование (они уже истратили на это много миллионов долларов).

ПАТЭС экономически невыгодна, экологически опасна и политически неприемлема. Как долго корпоративные интересы атомщиков в создании плавучих Чернобылей будут для Правительства России важнее, чем обеспечение национальной и международной безопасности?

* Попова Н. Плавучие АЭС: «хромая утка» Росатома // Аргументы недели. 2007. 20 июля. (<http://www.argumenti.ru/publications/3977>).

ЧАСТЬ III

Три проклятья атомной индустрии

ГЛАВА 5

Куда девать РАО?

По относительной величине производимых отходов атомная индустрия — непревзойдённый рекордсмен. Отходы на экологически грязной угольной электростанции составляют около 30% от массы топлива, а на любой АЭС — радиоактивные отходы (РАО) составляют 99,9% массы топлива. А надо ещё учесть урановые «хвосты» при добыче и обогащении, да прибавить к этому миллионы тонн отходов при превращении АЭС в зелёную лужайку. Уже пятьдесят лет атомщики говорят, «не беспокойтесь, РАО — это чисто техническая проблема, она вот-вот будет решена, раньше просто руки не доходили, а сейчас вот возьмёмся...».

Где и сколько образуется отходов

Радиоактивные отходы (РАО) образуются на всех стадиях ядерного цикла — от добычи урановой руды до переработки отработавшего ядерного топлива и захоронения самой АЭС после конца её эксплуатации (см. схему ЯТЦ на с. 13).

Вот некоторые данные по объёму и активности РАО на территории России:

- ... чтобы получить одну тонну уранового концентрата в отходы отправляется от 90 до 900 т твёрдых отходов;
- ... чтобы получить одну тонну топлива для АЭС, содержащего около 3% урана-235, в отходы отправляется несколько тонн обеднённого урана (ОГФУ);
- ... на каждый киловатт выработанной электроэнергии на АЭС образуется около одного килограмма твёрдых и жидких РАО, 3 грамма отработавшего ядерного топлива и огромное количество газоаэрозольных выбросов в атмосферу;
- ... ежегодно в России образуется около 10 млн т жидких и около 1,1 млн т твёрдых РАО.

На предприятиях Росатома к 2006 г. находилось более 500 млн м³ жидких РАО и 180 млн т твёрдых РАО. В это количество не входят РАО десятков научных центров, имеющих собственные атомные реакторы и подкритические стенды с делящимися материалами; не учитываются ядерные источники, находящиеся на космических орбитах и на маяках (см. гл. 4); а также примерно 150 тыс. радиоизотопных источников ионизирующего излучения, находящихся на предприятиях и в учреждениях по всей стране.

Общая активность РАО (включая ОЯТ) на территории России составляла в 2008 г., по-видимому, около 8,5 млрд кюри. Много это или мало? Используя нашу трагическую единицу измерения — официально признанный чернобыльский выброс (50 млн Ки), —

это означает, что в России в виде радиоактивных отходов затаилось СТО СЕМЬДЕСЯТ «чернобылей»!

Проблема ОЯТ

Общая оценка количества радиоактивных веществ, производимых АЭС, будет неполной без учёта отработавшего ядерного топлива — ОЯТ*.

В большинстве стран, имеющих АЭС, ОЯТ хранится без намерения переработки и, тем самым, по критерию российских законов относится к радиоактивным отходам. Наши атомщики не упускают случая подчеркнуть, что для них ОЯТ — не отходы, а продукт, который подлежит в будущем переработке для получения урана, плутония и других радионуклидов. Это даёт им формальную возможность не считать ОЯТ отходами и не распространять на него действие закона, запрещающего ввоз в Россию РАО из других стран на хранение и захоронение.

Факты об ОЯТ

В ОЯТ содержится большая часть радионуклидов, произведённых человеком.

Ежегодно реактор РБМК образует 35,5 т ОЯТ; реактор ВВЭР-1000 — 20 т ОЯТ.

В результате переработки 1 т ОЯТ образуется около 4,5 м³ высокоактивных, 150 м³ среднеактивных и 2000 м³ низкоактивных РАО.

Тонна ОЯТ после выгрузки из реактора содержит радионуклидов общей активностью до 180 млн кюри. Хотя в результате естественного распада коротко- и среднеживущих радионуклидов активность ОЯТ сокращается через год в 11-12 раз, а через 30 лет — в 140-220 раз, ОЯТ останется смертельно опасным на протяжении сотен тысяч лет.

На начало 2006 г. на российских АЭС хранилось около 12,5 тыс. т ОЯТ общей активностью более 4 млрд кюри (80 «чернобылей»).

В мире уже накоплено около 300 тыс. т ОЯТ, и ежегодно это количество увеличивается примерно на 10 тыс. т.

Российское хранилище для ОЯТ от реакторов типа ВВЭР на территориях Горнохимического комбината в Железнодорожном (Красноярский край) быстро заполняется как российскими ТВС, так и ТВС с ОЯТ, поступающим от АЭС советской постройки с Украины, Болгарии, Чехии, Армении. Здесь ТВС находятся в многометровой толще дистиллированной воды, постепенно теряя свою радиоактивность. Но это хранилище временное, рассчитанное не на столетия и тысячелетия, а лишь на десятилетия. Что делать с ОЯТ потом? В мечтах атомщиков — построить большое долгосрочное подземное хранилище для ОЯТ в приенисейских гранитных массивах. При этом они, похоже, рассчитывают не на заработанные производством атомного электричества средства, а на бюджетные деньги. То есть нам, налогоплательщикам, предлагается поддерживать близирующие технические фантазии и просчёты атомщиков.

В России ежегодно прибавляется около 700 т ОЯТ. Много это или мало? По сравнению с объёмом отходов от угольных электростанций это, конечно, очень мало — доли процента. Но по радиоактивности к концу года это 200-кратно превышает весь официальный чернобыльский выброс!

* В последние годы среди атомщиков распространена другая расшифровка аббревиатуры ОЯТ — облучённое ядерное топливо. Это, видимо, посоветовали психологи — чтобы уйти от ассоциации ОЯТ с отходами. Такое изменение содержания аббревиатуры формально возможно, но по существу неправильно, поскольку «облучённое ядерное топливо» образуется в промышленных (не энергетических) атомных реакторах для получения плутония.

Что делают с РАО сегодня

Есть два международно признанных критерия обращения с РАО:

- ... РАО не должны оказывать опасного воздействия на человека и окружающую среду;
- ... ответственность за обеспечение безопасности РАО должна лежать на современных получателях выгод от использования ядерной энергии.

Атомщики стараются каким-то образом сократить РАО в объёмах, компактировать (упаривают, заливают в бетон, битум, стекло, керамику) и отправляют на длительное хранение, мечтая о захоронении навечно. И тут возникает центральная проблема: как обеспечить ядерную и радиационную безопасность РАО на протяжении всего времени их существования. Нет конструкционных материалов, способных надёжно удерживать РАО. Металлы, керамика, стекло становятся хрупкими под действием радиации, в них возникают трещины. Несмотря на то, что с течением времени радиоактивность любых РАО падает, долгоживущие радионуклиды «обеспечат» высокую опасность этих РАО практически навечно — на сотни тысяч лет.

Не долго мудрствуя, атомщики стали использовать при обращении с РАО принцип «с глаз долой — из сердца вон». Следуя этому принципу и наши, и американские атомные мудрецы в 50-60-е гг. прошлого века просто сливали радиоактивные отходы в ближайшие водоёмы, надеясь, что там они постепенно разбавятся и уплывут куда подальше. Потом стали прятать РАО под землю (закачивать в геологические горизонты высоко- и среднеактивные жидкие отходы, устраивать глубоко под землёй хранилища для твёрдых РАО) и топить в глубоких участках Мирового океана (ныне такое затопление — «дампинг» — запрещено международными соглашениями).

Практичные американцы «застряли» на выборе места хранения. На работы по выбору места захоронения РАО в США было затрачено больше 20 лет и более 5 млрд долл. Ещё несколько миллиардов ушло на строительство подземного хранилища РАО под горой Юкка в штате Техас (Юкка-Маунтин). До сих пор это хранилище не заполняется, как в результате активных протестов со стороны местных органов власти и общественности, так и потому, что вскрылись фальсификации результатов гидрогеологических исследований, якобы показавших надёжность этого места.

Такие страны с развитой ядерной энергетикой, как Швеция, Финляндия, Франция, Швейцария также идут по пути организации подземного хранения РАО. В Швеции для хранения ОЯТ (рассматриваемого как РАО) создано хранилище в гранитном массиве на глубине около 500 м. Там остеклованные высокоактивные РАО находятся в стальных контейнерах, которые, в свою очередь, помещены в толстостенные бетонные ёмкости. В Швейцарии остеклованные высокоактивные отходы планируется поместить в стальные контейнеры со стенками 30 см, а те, в свою очередь, в оболочку из бентонита толщиной более метра. Всё это должно быть помещено в кристаллические горные породы на глубину более 1000 м. Финляндия по примеру Швеции сооружает подземный могильник в гранитном массиве на глубине нескольких сот метров. Во всех этих случаях речь идёт о длительном — первые сотни лет — хранении, но не захоронении. Все понимают, что никакие сколь угодно толстые оболочки из известных материалов не смогут устоять в течение тысячелетий перед потоком ионизирующего излучения.

В трёх местах в России продолжается противозаконная закачка жидких РАО под землю (на площадках Сибирского химического комбината около Томска, Горно-химического комбината около Красноярска, НИИ атомных реакторов около Димитровграда в Ульяновской области). Закачка РАО происходит под большим давлением на глубину в сотни метров. Хотя атомщики уверяют, что всё просчитано и опасности для среды и людей такая закачка на протяжении обозримого будущего не представляет, обеспокоен-

ность по этому поводу растёт. Это беспокойство поддерживается секретностью, окружающей эту закачку, и недоступностью для независимого научного анализа данных по детальному геологическому строению подземных структур, куда происходит закачка.

... Запрещаются: сброс отходов производства и потребления, в том числе радиоактивных отходов, в поверхностные и подземные водные объекты, на водосборные площади, в недра и на почву...

Статья 51, пункт 2 Федерального закона «Об охране окружающей среды»

И под Томском, и в Красноярском крае, и под Димитровградом — в местах, где происходит закачка жидких РАО под землю, — геологическая структура сложная, слоистая (рис. 13). Выбранные десятилетия назад исключительно потому, что были рядом с атомными производствами, эти места закачки по геологическим соображениям (связь горизонтов и т.п.) не могут удовлетворять требованиям безопасной изоляции таких отходов.

Ещё менее убедительно обоснование безопасности закачки жидких РАО в районе Димитровграда: там считается, что изоляция РАО от горизонта пресных вод горизонтами рассолов и солоноватых вод надёжна потому, что эти рассолы и солоноватые воды «неперспективны» для какого-либо использования. Эти рассолы могут считаться «неперспективными» для использования сегодня, но кто знает, как они могут использоваться уже завтра? И как только по какой-либо причине эти рассолы придётся затронуть (причин может быть немало), то начнётся быстрое распространение РАО от места

закачки. Похожее уже случилось на территории комбината «Маяк», где линза высокорadioактивных рассолов, возникшая под озером Карачай, стала быстро двигаться под землёй потому, что за много километров происходила откачка артезианских вод.

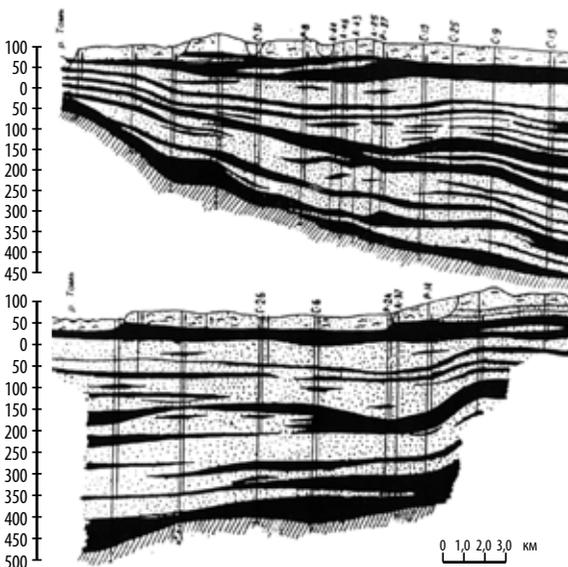
Опыт США, Франции и Великобритании показывает, что невозможно найти места, надёжного на протяжении десятков тысяч лет для сооружения подземных хранилищ РАО, — земная кора оказывается везде трещиноватой, подвижной, пронизанной разломами и водными потоками. Нет оснований верить нашим атомщикам, когда они фактически настаивают на чуде — на том, что надёжные для захоронения РАО геологические структуры по счастливой случайности оказались рядом с нашими основными атомными производствами.

Физические процессы, происходящие при длительном хранении РАО, далеко не изучены. Жидкие РАО представляют смесь различных веществ, которая по-разному

Рисунок 13

Геологический разрез участка полигона для подземной закачки высокоактивных РАО на Сибирском химическом комбинате, г. Северск

Сложность геологической структуры не позволяет надеяться на полную и длительную изоляцию закачиваемых РАО. Окрашено чёрным — водоупорные слои, вертикальные линии — нагнетательные скважины.



Яблоков А.В. *Атомная мифология. М., 1997. С. 179, рис. 8.3*

будет вести себя в конкретном подземном горизонте, в каждой горной породе и в каждой скважине.

Наблюдения на полигоне захоронения жидких РАО на территории Сибирского химического комбината показывают: время от времени то тут, то там, по мере закачки РАО, температура на глубине поднимается на многие десятки градусов! Чем чревато такое мощное, до 150-160 °С разогревание? Известно, что критическая масса урана в растворе составляет всего около одного килограмма, а плутония — несколько сот грамм. А если под землёй в каком-то месте случайно возникнет эта самая критическая масса? Или без достижения критической массы пойдут какие-то неизвестные радио-термические реакции? Никто не может уверенно сказать, как поведут себя в природе ранее отсутствовавшие в биосфере радиоактивные элементы или радиоизотопы обычных элементов, вызванные из небытия гением человека.

Проблема выбора места для надёжного, на тысячелетия, захоронения РАО остаётся — несмотря на потраченные миллиарды долларов и труд сотен тысяч людей — неразрешимой.

Уничтожить ядерным взрывом? Отправить в космос?

Давно выдвинуты разные фантастические предложения по уничтожению РАО. Особенно популярны предложения по отправке РАО в космос, уничтожению их посредством подземных ядерных взрывов и захоронению в глубинах Мирового океана.

Проект по ликвидации РАО с помощью подземного ядерного взрыва основан на смешении РАО со скальными породами и остекловыванию с помощью МЯВ. Рассчитано, что один МЯВ мощностью около 100 килотонн позволит уничтожить 100 тонн РАО активностью до 50 млн кюри. Охочие до денег атомщики рассчитали, что *«объём услуг, который может быть оказан при захоронении этим способом 100 т ОЯТ»**, составит 60 млн долл. при затратах в 16 млн долл.

Вспомним (см. гл. 5), что в мире накоплено уже около 300 тыс. тонн ОЯТ, и ежегодно добавляется ещё 10 тыс. т. Всего-то и надо, оказывается, произвести где-то в подходящем месте 3000 подземных ядерных взрывов и потом ежегодно ещё по 100 — и проблема уничтожения ненужного ОЯТ будет решена. Некоторые последствия уже проведённых в мире (немногих в США и, в основном, в СССР) пары сотен МЯВ описаны выше в гл. 4. Интересно было бы узнать от наших бравых проектантов, где они наметили место для этих тысяч ядерных взрывов, как они планируют доставлять туда ОЯТ со всего мира, и, наконец, как они собираются обойти Договор о всеобъемлющем прекращении ядерных испытаний (1996)?

Не лучше идея отправки РАО в космос («ракетная космическая канализация», как изящно выражаются специалисты). Она сомнительна с юридической точки зрения (такие операции запрещены международными соглашениями), а расчётная стоимость отправки в космос 1 т РАО составляет до 275 млн долл. Последнее обстоятельство сделает абсолютно бессмысленной всю атомную энергетику с экономической точки зрения. Но поражает, что взрослые и образованные люди всерьёз рассчитывают такие варианты, зная, что около 2% запусков кончается неудачно и, тем самым, допуская риск глобальной катастрофы с вероятностью 1:100. Космические программы должны использоваться для изучения и освоения космоса, но не для превращения его в отхожее место.

Не лучше описанных выше выглядит и идея захоронения РАО в глубоководных местах Мирового океана или на подводных склонах от шельфа с расчётом, что со временем они будут надёжно укрыты донными отложениями. При этом приводятся сопос-

* Росман Г.И., Быховский Л.З., Самсонов Б.Г. Хранение и захоронение радиоактивных отходов // Минеральное сырьё. 2004. № 15. М.: ВИМС. С. 133.

тавления суммарной естественной радиоактивности Мирового океана и делается вывод, что, даже если все наработанные человеком РАО отправить в океан, его радиоактивность не особенно увеличится. С экологической точки зрения эти предложения и наивны, и опасны. Глубины океана — далеко не стоячие воды — везде есть течения, в том числе и у самого дна. Везде есть цепи питания, благодаря которым вещества перемещаются на любой глубине. Кроме того, надо считать не общую суммарную радиоактивность, а присутствие в РАО радионуклидов, которых раньше вообще могло не быть в экосистеме океана и последствия включения которых в эту экосистему могут оказаться катастрофическими. Наконец, существует ратифицированная Россией, вместе с большинством стран мира, Лондонская конвенция 1972 г., запрещающая загрязнять моря сбросами отходов и других материалов, в том числе радиоактивных отходов и других веществ (поправка 1993 г.).

Поможет ли трансмутация?

Казалось бы, принципиальным решением проблемы РАО может стать их «трансмутация» — превращение долгоживущих и опасных для биосферы радионуклидов в потоках быстрых нейтронов (например, в реакторах-бридерах) в радиоактивные вещества менее опасные с более короткими периодами полураспада. Предлагается, например, уничтожение РАО попутно со сжиганием плутония в таких реакторах. Добавление нескольких процентов РАО в смешанное уран-плутониевое топливо (МОКС-топливо) не должно заметно ухудшить его энергетические качества. Но не станет ли препятствием само приготовление этой адской смеси? Ведь с таким топливом придётся обращаться только с помощью дистанционно управляемых роботов. Выдержат ли атомные реакторы, да и экономика, такое принципиальное усложнение технологии? И не потребуются ли тысячелетия, чтобы таким постепенным способом сжечь все высокоактивные отходы в реакторах?

Будет хорошо, если исследования в области трансмутации помогут решить проблему РАО. Однако, практическое применение трансмутации (в случае её успешной научно-практической разработки) — дело не близкого будущего. За эти десятки лет атомная энергетика и другие атомные программы наработают столько РАО, что решение проблемы РАО отложится на века и обернётся непосильными расходами для Человечества.

Есть ещё такая идея — поместить РАО на большую глубину под землю, откуда они, разогреваясь за счёт радиационно-химических процессов, смогут самостоятельно погрузиться в сверхглубокие слои коры, расплавляя окружающие горные породы. Идея заманчивая, но стоимость вопроса также вряд ли позволит её когда-либо осуществить. К тому же, похоже, и тут атомщиков ждёт сложности. На Кольской сверхглубокой скважине (12 262 м) трещины и воды были встречены на глубине более десяти километров. Кроме того, для захоронения сколько-нибудь заметного количества РАО такие скважины должны быть достаточного объёма, а значит, и большого диаметра. Но тогда их сооружение будет стоить баснословных средств.

* * *

Если обобщить все те немногие методы, которые сейчас используются для обращения с РАО, получается простая схема: высокоактивные РАО концентрируются и изолируются, средне- и низкоактивные — разбавляются и рассеиваются. Сегодня эти технические решения выглядят безнадежно устаревшими. Все другие отрасли промышленности уже давно намучились и с концентрированием, и с разбавлением отходов. Например, на протяжении двух веков «подрастали» дымовые трубы, достигнув высо-

ты двухсот и даже трёхсот метров. В результате то же количество выбросов отравляло не маленькую, а большую территорию. Теперь все прогрессивные технологии в других (кроме атомной!) отраслях промышленности основаны на принципе безотходности. Это оказалось выгоднее и экономически, и экологически. Атомная промышленность, к сожалению, никак не может пойти по этому пути.

Любой технологический процесс предполагает уборку рабочего места. То, что атомная индустрия не может этого сделать, — одно из трёх главных возражений общества против её существования. Безнравственно и неприемлемо перекладывать на плечи следующих поколений нерешённые проблемы. Это — верный путь к деградации человечества.

Нет, не решена в атомной индустрии проблема радиоактивных отходов, и пока не видно приемлемых путей её решения. А радиоактивность биосферы ежедневно возрастает на сотни тысяч кюри — ведь вызванные к жизни гением человека ядерные цепные реакции бушуют в чреве 444 энергетических атомных реакторов в мире. Стократно правы те атомщики, которые считают, что *«...проблема РАО — центральная и болезненная для ядерной энергетики. Она способна поставить под вопрос само её развитие»**.

ГЛАВА 6

Нет безопасных атомных станций

АЭС — сложное техническое сооружение, которое по законам техники не может работать безаварийно. Директор Курчатовского института академик А.П. Александров как-то сказал, что реактор чернобыльского типа (РБМК) можно поставить даже на Красной площади в Москве. Безответственность атомщиков показал Чернобыль, который стал символом трагических ошибок Человечества. В этой главе рассмотрена лишь малая часть из огромного фактического материала по авариям и катастрофам на АЭС, говорящего, что безопасных атомных реакторов как не было, так и нет ни в одной стране мира.

«Скелеты в шкафу»

В мире нет ни одной АЭС, на которой не случались бы аварии и инциденты, и нет ни одного дня в году, когда где-то в мире не происходил бы инцидент, связанный с атомной энергетикой. Гринпис даже выпускает время от времени календарь «Ни дня без аварии». Специальная литература по атомной энергетике содержит множество технических описаний разных поломок и дефектов оборудования, послуживших причинами тех или иных аварий**. Они касаются всех без исключения частей АЭС: реакторов (включая топливо, системы безопасности и средства контроля), систем отвода тепла, паро- и турбогенераторов.

На каждой АЭС есть свой «скелет в шкафу» — какое-то опасное нарушение при строительстве, в конструкции и т.п. На Балаковской АЭС в результате нарушения технологии при строительстве фундамента под блоками и подъёма уровня грунтовых вод

* Воронин С., Брезгун С. Околяядерные мифы. В лесных пожарах смешно винить спичечные фабрики // Век. 1994. 24 ноября–1 декабря. С. 4.

** См., например: Соловьёв С.П. Аварии и инциденты на атомных электростанциях: Учеб. пособие по курсам «Атомные электростанции», «Надёжность и безопасность АЭС». Обнинск, 1992. 290 с.

возникла опасность наклона первого блока. Можно только поражаться инициативе и находчивости атомщиков, установивших на крыше этого блока многотонный груз, который можно передвигать с одной стороны крыши на другую, чтобы выровнять блок. Получается, что надёжность и безопасность этой АЭС зависит от успешности балансирования на крыше...

Три реальные ситуации, поставившие АЭС на край гибели

«...На Кольской станции был, например, такой случай, который чудом не окончился трагически... из трубопровода идёт пар. Остановили станцию. И что же? По сварному шву идёт трещина. Вырезали эту задвижку и послали на исследование. Оказалось... под сварной шов в развилку уложен железный прут, сверху, будто металл приваривали согласно технологии, замазан электродом. Шов не имел прочности. Ещё немного, и авария была бы неизбежна!.. Станцию остановили. Пересмотрели все швы и трубы. Оказалось двенадцать задвижек с такими швами, двенадцать возможных аварий!

Ещё был случай, очень неприятный, на Ленинградской АЭС... Обратили внимание, что во время работы АЭС нарастает вибрация турбогенератора, её величина движется к пределу. Мгновенно остановили машину — пятисоттысячный турбогенератор. Оказалось, что якорь генератора сварен так, что по сварному шву проходит трещина. 15-20 секунд — и турбинная установка разлетелась бы!.. Оказалось, что в семи машинах такой же брак!..».

*Из интервью Директора Курчатковского института акад. А.П. Александрова
(Цит. по: Ковалевская Л. Чернобыль ДСП. Киев, 1995. С. 42)*

На первом блоке Балаковской АЭС во второй половине ноября 1969 г. начала развиваться аварийная ситуация, вызванная обрушением теплового экрана. Радиоактивные газоаэрозольные выбросы энергоблока постепенно увеличивались до десятков и сотен Ки/сут., а в ночь с 29 на 30 ноября 1969 г. выбросы превысили 1000 Ки, после чего блок был остановлен для ревизии и ремонта... годовой выброс йода-131 был превышен в 30 раз, а цезия-137 — в 8 раз...

*Радиационная обстановка на территории СССР в 1990 г.:
Ежегодник Госгидромета СССР. Обнинск, 1991. С. 88.*

Чудо, что на протяжении 23 лет после Чернобыля в мире не произошло новых крупных ядерно-радиационных катастроф. Правда, в 1999 г. была крупная радиационная катастрофа на японской станции по подготовке ядерного топлива в городке Токаймура. Здесь на протяжении 8 часов несколько раз возникала самопроизвольная цепная реакция, уровень облучения при этом поднимался в десятки тысяч раз. Как всегда, атомщики скрывали истинные масштабы облучения (сначала говорили всего о нескольких пострадавших, но оказалось — 439).

«...Случайности более изобретательны, чем все эксперты по безопасности».

*Министр охраны окружающей среды ФРГ Ф. Триттин в связи с аварией в Токаймура, Япония
(ТАСС-единая лента новостей. Берлин. 7 октября 1999 г.)*

Конструкция любой АЭС — опасна

Разница температур внутри и на охлаждаемой теплоносителем поверхности ТВЭЛа в работающем атомном реакторе составляет около 2000 °С. Если теплоноситель (вода в обычном реакторе или натрий в реакторе на быстрых нейтронах) в течение десятка секунд не будет охлаждать поверхность ТВЭЛа, он перегреется и его оболочка расплавится. Затем так же повредятся соседние ТВЭЛы — произойдёт неотвратимое каскадное пов-

реждение (расплав) активной зоны реактора. Так бывает, когда по каким-то причинам происходит утечка или замедление движения теплоносителя. Самое малое, что при этом происходит, — выброс огромного количества радионуклидов в первый контур охлаждения, с неизбежным последующим выбросом радионуклидов за пределы АЭС. Именно такая авария случилась на первом энергоблоке Ленинградской АЭС в ноябре 1975 г. Необычно высокое число новорождённых с синдромом Дауна в Ленинграде в 1976 г. — явные последствия этой, тогда глубоко засекреченной, аварии. Если не удастся срочно восстановить охлаждение, то неизбежен тепловой взрыв реактора с выбросом огромного количества радионуклидов. Именно это и произошло в Чернобыле (см. гл. 6).

Известно до 1000 различных возможных аварий на АЭС. Вот что говорят крупнейшие атомщики — специалист по атомным реакторам академик В.И. Субботин и генеральный конструктор ядерного оружия академик Л.П. Феоктистов.

В. Субботин: *«Физические принципы, заложенные в ядерный реактор, и технические решения, воплощённые в АЭС, в принципе не гарантируют невозможность аварийного состояния элементов, из которых состоит АЭС»**.

Л. Феоктистов: *«При всех различиях современных быстрых и тепловых реакторов есть одна черта, их объединяющая. И тот и другой работают по схеме выжигания активной компоненты топлива (уран-235, плутоний-239) в активной зоне... в них первоначально закладывается активного материала больше, чем это требуется для непосредственного поддержания критического уровня. Стационарное положение балансируется регулируемыми стержнями-поглотителями нейтронов... В этом смысле ни один из ныне существующих реакторов, работающих по принципу выгорания, нельзя отнести к безусловно безопасным, потому что, если вдруг по случайным причинам регулирующие стержни покинут активную зону, возникнет значительная надкритичность. Цепная реакция в таких условиях будет развиваться настолько быстро, что никакая аварийная защита не поможет»**.*

Конструкции любой АЭС опасны и из-за необходимости иметь постоянный мощный источник электроэнергии для работы устройств АЭС, в том числе — для систем аварийной защиты. Если при прекращении подачи этой электроэнергии не будут запущены аварийные дизель-генераторы, то через несколько десятков минут неминуемо произойдёт авария из-за перегрева реактора (см. также гл. 6).

В последние годы наши атомщики, как об идеальном, говорят о реакторе-бридере (на быстрых нейтронах). Тогда почему Великобритания, США, Германия, Бельгия, Голландия, Япония прекратили или приостановили программы по строительству бридеров? Официально утверждается, что *«...Россия имеет уникальный опыт эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах — БН-350 и БН-600 (безаварийная работа в течение 20 лет)»****. На самом деле, на реакторе БН-600 на Белоярской АЭС были сотни (!) нештатных ситуаций, в том числе «неопознанное аномальное явление», приведшее к несанкционированному увеличению мощности реактора, расплавлению 12 ТВЭЛов, выбросу радиоактивных веществ за пределы АЭС.

Атомные станции на Западе несколько менее опасны, чем российские в результате больших затрат на системы безопасности и гораздо более жёсткого правительственного контроля. За малейшие нарушения владельцы АЭС должны выплачивать крупные штрафы. Ниже приведена лишь малая часть подобных случаев для США и Великобритании.

* Субботин В.И. Размышления об атомной энергетике. М., 1995. С.78.

** Феоктистов Л. Оружие, которое себя исчерпало. М.: Российский комитет «Врачи мира за предотвращение ядерной войны», 1999. С. 226–227.

*** Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. Основные положения. М.: Министерство по атомной энергии РФ, 2000. С. 7.

1984 г. — АЭС «Куад Сайтис» (США, шт. Иллинойс) оштрафована на 50 тыс. долл. за отсутствие оператора в течение 15 мин. на пульте управления.

1987 г. — Компания «Филадельфия Электрик» (США) оштрафована на 1,25 млн долл. «за нарушение культуры эксплуатации» (сон на рабочих местах, видеоигры и т.п.) персонала АЭС «Пич Боттом» (шт. Пенсильвания). Повторный пуск этой АЭС был разрешён лишь спустя 2 года.

1989 г. — АЭС «Индиан Пойнт-3» (США, шт. Нью-Йорк) заплатила штраф 25 тыс. долл. за задержку на час сообщения о незаконном проникновении на территорию бывшего работника этой станции по чужому пропуску.

1994 г. — АЭС «Уотерфорд-3» (США, шт. Луизиана) оштрафована на 112,5 тыс. долл. за неполадки электропроводки в вентиляционной системе.

1995 г. — АЭС «Англези» (Великобритания) оштрафована на 400 тыс. долл. за то, что в июле 1993 г. она была остановлена не сразу, а только через 9 часов после того, как в реактор случайно попал посторонний металлический предмет.

1998 г. — АЭС «Миллстоун-2» (США, шт. Коннектикут) оштрафована на 87,5 тыс. долл. за позднюю информацию об инциденте.

1999 г. — АЭС «Ривер Бенд» (США, шт. Луизиана) оштрафована на 55 тыс. долл. за обнаруженные неполадки в компрессоре аварийного дизель-генератора.

2006 г. — Компания-оператор выплатила штраф в 28 млн долл. за небрежное техническое обслуживание АЭС «Дейвис-Бессе» (США, шт. Огайо).

Опасны реакторы подводных лодок и ледоколов

Мифом является утверждение о безопасности атомных реакторов судов и кораблей. По официальным данным, за 40 лет эксплуатации отечественных корабельных (на подводных лодках) и судовых (на атомных ледоколах) атомных энергетических установок произошло семь тяжёлых аварий с опасным облучением более 1000 человек. Однако, на самом деле, в печати сообщилось почти о пятидесяти таких авариях (табл. 11).

4 июля 1961 г. на АПЛ К-19 произошёл разрыв первого контура кормового реактора. В ходе ликвидации аварии переоблучились 130, погибли мучительной смертью 10 человек...

Инженер-капитан 3-го ранга В. Погорелов: «...Люди всех континентов, начиная новый день, конечно, не подозревали, что их судьба, как и судьба планеты, решается сейчас не в ООН, не в Вашингтоне и не в Москве — во втором отсеке подводного ракетоносца... Как охладить взбесившийся реактор?...»

Капитан 1-го ранга Н. Затеев: «...Когда они вошли в отсек, увидели голубое сияние, исходящее от трубопроводов аварийного реактора... светился от дьявольской радиации ионизированный водород... Активность на крышке реактора, где им предстояло работать, уже достигала 250 Р/ч».

Н. Черкашин. Из бездны вызываем... // Российская газета. 1996. 11 июля. С. 3.

Известно не менее 34 радиационных аварий на атомных подводных лодках (АПЛ) США и Великобритании. Поэтому говорить о какой-то повышенной надёжности судовых ядерных энергетических установок (и тем более планировать их тиражирование для строительства плавучих АЭС малой мощности, как это делает сейчас Росатом) — безответственно. Эта безответственность в любой момент может оказаться преступной, как с точки зрения радиационной безопасности, так и в связи с террористическими угрозами.

Таблица 11

Некоторые ядерные и радиационные аварии на атомных подводных лодках СССР/России, 1960–1999 гг.

Годы	АПЛ, ледокол	Характер аварий
1960–1969	К-8, К-19, К-52, К-14, К-3, Л-151, К-11, К-33, К-5, а/л «Ленин» К-8, К-27, К-40, К-42, К-166	Три ядерные и 16 радиационных аварий (разрыв первого контура, течь парогенераторов, деформация ТВС, разрушение аварийной защиты, разгерметизация ТВЭЛов и др.)
1970–1979	К-320, К-8, К-23, К-56, К-116, К-90	Две ядерные и четыре радиационные аварии (несанкционированный пуск реактора, негерметичность реактора, течь теплоносителя — расплав активной зоны, течь первого контура и др.)
1980–1986	К-45, К-222, К-123, К-94, К-184, К-508, К-47, К-367, К-431, К-431, К-175, К-59, К-55	Пять ядерных и 11 радиационных аварий (несанкционированный выход реактора на мощность, расплав активной зоны, СЦР и тепловой взрыв, течь первого и третьего контуров и др.)
1988–1996	А/л «Россия», К-192, К-94, а/л «Арктика»	Одна ядерная и пять радиационных аварий (расплав активной зоны реактора, разгерметизация крышки реактора, течь первого контура и др.)

Яблоков А.В. Миф о безопасности атомных энергетических установок. М.: Центр экологической политики России, 2000. С. 29–37, табл. 5 и табл. 6.

Стареющие АЭС становятся особенно опасными

В процессе эксплуатации АЭС в результате неизбежной коррозии, становятся тоньше металлические стенки реактора и всех трубопроводов.

При прорыве трубопровода второго контура диаметром 40 см на АЭС «Сарри» (США) оказалось, что стенка трубопровода истончилась в 75 раз — с 12 мм до 0,16 мм. Изготовитель гарантировал работу трубопровода на протяжении 40 лет, однако трубопровод разорвался через 12 лет. Другая типичная черта стареющих реакторов — растрескивание трубопроводов. Первые трещины в них появляются уже после 4 лет работы. На американских АЭС за последние 20 лет в среднем один раз в год происходит утечка через повреждённый паропровод и раз в два года — внезапный разрыв трубопровода. Одна из самых опасных черт старения АЭС — охрупчивание стенок реактора под влиянием облучения. В результате металл теряет прочность без каких-либо видимых повреждений. В 2002 г. многие в США вздрогнули от сообщений на первых страницах газет о том, что случайно была обнаружена едва не сквозная дыра в крышке реактора на АЭС «Дейвис-Бессе» (из 15 см стали было разъедено 13), и только уцелевшая наплавка из нержавеющей стали спасла США от крупной аварии.

Сейчас уже пятнадцать энергоблоков российских АЭС и десятки в США, Германии и других странах исчерпали или подошли к концу проектного срока эксплуатации. Чтобы не тратить огромные суммы на разборку АЭС (сопоставимые с затратами на их строительство), атомщики успешно добиваются официального продления сроков их эксплуатации на 15–20 лет! Известно, что даже капитально отремонтированная старая автомашина в эксплуатации всегда менее надёжна, чем новая. Что же говорить об АЭС — техническом сооружении, тысячекратно более сложном, чем автомашина?! Жадность и безответственность атомщиков быстро приближают мир к новой ядерной катастрофе...

Опасность хранилищ ОЯТ

В последние годы опасность ядерных и радиационных катастроф увеличивается и в связи с переполнением пристанционных хранилищ отработавшими ТВЭЛами.

Это происходит не только в России, но и в других странах. Везде при строительстве АЭС 30-40 лет назад атомщики исходили из безответственного расчёта, что через 20-30 лет будет решена проблема безопасного обращения с ОЯТ. В результате на всех российских АЭС (и на большинстве АЭС мира) хранилища для ОЯТ переполнены. Для увеличения ёмкости хранилищ российские АЭС перешли к уплотнённому хранению тепловыделяющих сборок. Такое хранение не предусматривалось исходными проектами, и это вынужденное технологическое решение резко увеличивает риск возникновения нештатных ядерно-радиационных ситуаций. Живое описание типичной ситуации приведено ниже.

...Тихая паника царит на третьем блоке Ленинградской АЭС... три сборки с отработанным топливом упали на дно бассейна, который расположен в реакторном зале. В этом бассейне они должны охлаждаться в подвешенном состоянии, потому что топливо в них раскалено после работы в ядерной печи. Каждая сборка содержит столько же радиоактивности, сколько атомная бомба, сброшенная на Хиросиму... Среди экологов Питера пополз слух, что на третьем блоке ЛАЭС идёт какая-то подозрительная возня. А тут как раз подоспела заметочка ИТАР-ТАСС, из которой следовало, что... на Ленинградской атомной станции «при плановых работах было обнаружено повреждение крепления на трёх сборках отработавшего ядерного топлива. На Смоленской АЭС по вине обслуживающего персонала имело место падение сборки при её транспортировке в бассейн выдержки».

Ох, атомщики, доуплотняетесь — завалится это девятиэтажное здание, стоящее на берегу залива, раздавит сотни стержней с отработанным топливом — и поплывёт плутоний с цезием да стронцием по волнам Балтийского моря.

В. Терешкин. Плутоний ушёл на дно // Континентъ. 1999. 9 февраля. С. 14.

Нет надёжной защиты от терроризма и инцидентов

Атомные станции во всём мире являются идеальным оружием для врага или террористов. Такой террористический акт может стать в наши дни страшной реальностью. Если бы один из четырёх самолётов, захваченных террористами 11 сентября 2001 г. в США, долетел (как планировалось ими) до АЭС в Пенсильвании, новейшая история США пошла бы другим путём. По-другому сложилась бы, наверное, и новейшая история Прибалтики, если бы взорвалась граната, случайно обнаруженная 20 мая 1999 г. у турбин Игналинской АЭС. Невозможно предусмотреть и предотвратить все инциденты, которые могут привести к разрушению и взрыву АЭС.

В годы «холодной войны» АЭС были важнейшими целями для американских и советских ракет, поскольку ущерб от их разрушения много больше, чем от разрушения любых других сооружений, а радиоактивное загрязнение многократно превзойдёт то, которое возникает при взрыве атомной бомбы.

Впервые нападение на АЭС совершил Иран, разрушив недостроенный атомный центр около Багдада в 1980 г. В ответ Ирак разбомбил строящуюся иранскую АЭС в Бушере. На следующий год Израиль разбомбил Иракский атомный центр Озирак за месяц до его пуска. Ливия подготавливала, но не осуществила атаку на израильский ядерный центр в Димоне. В том же 1982 г. африканские партизаны совершили нападение на одну из АЭС в ЮАР.

В 1980 г. Швеция предложила ввести в Женевскую конвенцию 1949 г. статью, приравнивающую нападение на АЭС как применение радиологического оружия. Однако СССР вместе с США и другими «атомно-оружейными» странами выступили против.

После публикации книги проф. Б. Рамберга (1980) «Атомные станции как оружие для врага. Недооценённая военная угроза» в 1982 г. по заданию Конгресса и правительства США были получены расчёты, сколько и где будет жертв от разрушения той или иной АЭС на территории США. От возможной аварии одного реакторного блока на АЭС США может (только в течение первого года и только на прилегающей территории радиусом в 30 км) погибнуть до 400 тыс. человек, заболеть разными болезнями (включая раковые) 288 тыс. человек, а экономический ущерб может составить до 186 млрд долл. Через четыре года после публикации этих расчётов Чернобыльская катастрофа подтвердила их принципиальную правильность: через 15 лет после катастрофы число погибших составило сотни тысяч, заболевших — миллионы, материальный ущерб — более 500 млрд долл. В истории человечества не было катастроф, сравнимых по масштабам с последствиями аварии только одного атомного реактора (например, взрыв на Чернобыльской АЭС эквивалентен СОТНЯМ хиросимских бомб).

Террористам вовсе не надо захватывать АЭС — для её разрушения достаточно выпустить ракету, которую можно скрытно подвести в автомобиле, есть и другие, даже более эффективные способы взрыва АЭС, которые вряд ли сможет предотвратить охрана.

Не менее страшные последствия, чем взрыв самой АЭС, несёт разрушение переполненных хранилищ отработавшего ядерного топлива. Радиологические последствия этого могут быть даже более страшными, чем разрушение самой АЭС — в этих хранилищах находится больше твёрдых радиоактивных веществ, чем в самом реакторе.

10 марта 1995 г. мир был в полутора минутах от катастрофы на Нововоронежской АЭС. В этот день боевая авиационная ракета «воздух–земля», запущенная российским военным самолётом, сошла с курса и взорвалась в 4,5 км от атомного реактора. Российский министр по атомной энергии сказал по похожему поводу (в связи с опасностью попадания ракеты в АЭС «Козлодуй» во время косовского конфликта): те, кто забыл, что такое Чернобыльская катастрофа, «*после такого попадания могут узнать это во всей полноте*»*. В 1998 г. на одной из шведских АЭС произошло аварийное отключение реактора в результате разговора по мобильному телефону. Мудрейшая электроника пульта управления АЭС оказалась колоссом на глиняных ногах — небольшого электромагнитного возмущения стало достаточно, чтобы нарушить её работу.

Если по какой-то причине неожиданно повреждаются линии электропередач, идущие от АЭС, должно происходить аварийное отключение реактора. При этом — для поддержания циркуляции охладителя — необходимо, чтобы включились аварийные дизель-генераторы. За последние десятилетия мир несколько раз был в нескольких часах от ядерной катастрофы из-за того, что вся эта система не срабатывала. Так было:

- ... в 1993 г. на Кольской АЭС (из-за арктической пурги),
 - ... в 1998 г. на американской АЭС «Дейвис-Бессе» (из-за торнадо),
 - ... в 1998 г. в Шотландии на АЭС «Хантерсон Би» (после шторма),
 - ... в 2000 г. на Белоярской АЭС (из-за аварии в электросети вне АЭС),
 - ... в 2006 г. на шведской АЭС «Фошмарк» (из-за аварии на подстанции вне АЭС).
- Из четырёх дизель-генераторов автоматически включились только два. Бывший директор АЭС признавался: «*Чистое везение, что активная зона не расплавилась. Из-за того, что в сети не было электроэнергии, всё могло закончиться катастрофой*»**.

Проверка на американских АЭС в 1999 г. выявила на более чем половине АЭС проблемы с аварийными дизель-генераторами, которые могли стать причинами катастроф.

* Глава Минатома РФ предупреждает о возможности ядерного терроризма в Югославии // ИНТЕРФАКС-Новости. 1999. 26 апреля.

** Меньшиков В.Ф. Энергетика России и экологические риски (Рукопись). 2009. 14 с.

Человеческий фактор — неустраняемая причина атомных катастроф

По «технологическим» причинам аварии на АЭС случаются, по-видимому, лишь в 30-40% случаев, остальные — в результате «человеческого фактора».

Причиной катастроф и аварий с атомными установками на АПЛ в 75% случаев был именно «человеческий фактор»: люди действовали не в соответствии с инструкциями, а часто в полном противоречии с ними. Эти данные совпадают и с зарубежными: неправильные действия операторов проявились в 80% всех проанализированных аварий и инцидентов на американских АЭС и в 86% — на французских АЭС.

«...Если безопасность ядерной энергетики зависит от персонала — такую энергетику надо немедленно закрывать».

*Проф. Б.Г. Дубовский, научный руководитель первой в мире Обнинской АЭС
(Цит. по: Анисимов В. Степень риска // Смена. 1994. № 10. С. 56)*

Конечно, трудно отделить влияние «человеческого фактора» от недостатков технологий. В 1999 г. на Курской АЭС при замене топлива на 4-м блоке чуть не случилась страшная авария. Процесс перегрузки затянули, остановили реактор. Его надо было запускать снова, но программа была только по запуску холодного реактора, а этот был горячий. Для детальных расчётов нужны были сутки. Сделали приблизительные расчёты за два часа и затем по ходу дела корректировали. Ещё бы «чуть-чуть» и произошла катастрофа, так как аварийная защита в этом случае не смогла бы защитить разгоняющийся реактор. Виноваты старые программы (которые писали тоже люди), виноваты слабые компьютеры (ими оснащали АЭС тоже люди), и, конечно, виноваты люди, вообще допустившие эту ситуацию.

Чернобыль — трагедия на века

Взрыв 4-го блока Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. по масштабам и последствиям является крупнейшей техногенной катастрофой в истории. Всё Северное полушарие подверглось заметному радиационному загрязнению, чернобыльские радионуклиды достигли Антарктиды. На азиатской части России, других территориях Евразии, Северной Америки и Африки выпало более 55% чернобыльских радионуклидов.

На территориях, загрязнённых чернобыльскими радионуклидами на уровне более 0,1 Ки/км², проживало около 400 млн человек.

В СССР сначала попытались промолчать об этой катастрофе. В большинстве стран Северного полушария население было оповещено о необходимости принять меры безопасности — прежде всего, не употреблять некоторое время в пищу свежие овощи и молоко. Эти меры предотвратили в зарубежных странах многие тысячи случаев рака щитовидной железы (обусловленного активным поглощением радиоактивного йода, уровень которого был очень высок в первые дни и недели после Катастрофы) .

В СССР вместо срочного предупреждения населения об опасности произошло тотальное засекречивание данных. Секретность и искажение данных обрекли на страдания сотни тысяч людей.

На всех загрязнённых чернобыльскими радиоактивными осадками территориях происходит заметный рост общей заболеваемости. Среди специфических последствий для здоровья людей, испытавших влияние дополнительного чернобыльского облучения, — увеличение числа заболеваний органов кровообращения, эндокринной системы, иммунной системы («чернобыльский СПИД»), дыхательной системы, органов мочеполовой

системы (и нарушение процесса размножения), костно-мышечной системы (в том числе — патологические изменения структуры и состава костей), центральной нервной системы (связанные с поражениями некоторых структур полушарий головного мозга и ведущие к изменениям интеллекта, поведения и психики), глаза (включая катаракты), органов пищеварения, увеличение числа врождённых пороков и аномалий развития, раков крови и других злокачественных новообразований (рис. 14).

Все официальные прогнозы распространения чернoбыльскогo рака щитовидной железы оказались заниженными. При этом на каждый случай рака щитовидки приходится сотни случаев других заболеваний этой железы.

Среди прочих последствий Катастрофы для здоровья населения: увеличение числа и тяжести заболеваний кишечными токсикозами, дисбактериозами, сепсисами, вирусными гепатитами, респираторными вирусами; поражение здоровья детей, родившихся от облучённых родителей (как ликвидаторов, так и лиц, выехавших с загрязнённых территорий); катастрофическое состояние здоровья ликвидаторов; преждевременное старение (касающееся как взрослых, так и детей).

Специалисты, связанные с атомной индустрией, утверждают, что увеличение заболеваемости на чернoбыльских территориях связано не с облучением, а с социально-экономическими и психологическими (*радиофобия* — боязнь радиации) факторами. Социально-экономические факторы не могут быть основной причиной, поскольку сравниваемые группы идентичны по социально-экономическому положению, по физико-географическим характеристикам мест проживания, по возрасту и полу и отличаются только уровнем радиационной нагрузки. Радиофобия также не может быть определяющей причиной потому, что заболеваемость повсеместно возрастает через несколько лет после Катастрофы, в то время как радиофобия со временем уменьшается.

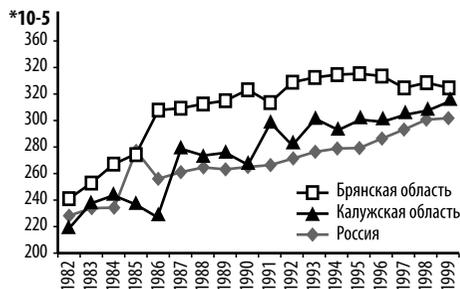
Повсеместное ухудшение здоровья населения (особенно детей) на загрязнённых чернoбыльскими радионуклидами территориях через 20 лет после Катастрофы показывает, что болеют люди не от психологического стресса и радиофобии, а от воздействия дополнительного ионизирующего облучения — от первого мощного радиационного поражения в 1986 г. и от последующего хронического воздействия малых доз радиации. Какая «радиофобия» у зайцев, мышей, лягушек? — а ведь все они показывают те же самые изменения состояния организма, которые обнаруживаются и среди населения загрязнённых территорий.

Первые официальные прогнозы говорили только о нескольких дополнительных случаях рака через несколько десятков лет. Через 20 лет МАГАТЭ и ВОЗ заявили, что число погибших и тех, которые погибнут из-за болезней, вызванных Катастрофой, составит около 9 тыс., а число заболевших — до 200 тыс. человек (что статистически малозаметно на фоне естественной смерти многих миллионов и заболеваний сотен миллионов). Однако анализ показывает, что при сравнении более загрязнённых чернoбыльскими радионуклидами территорий с соседними, менее загрязнёнными, обнаруживается до-

Рисунок 14

Пример увеличения заболеваемости раками, связанными с чернoбыльским загрязнением

Динамика обнаружения всех солидных раков в России, а также в Брянской (сильно загрязнена радионуклидами) и Калужской (менее загрязнённая) областях, попавших под чернoбыльские выпадения.



Ivanov V., Tsyb A., Ivanov S., Pokrovsky V. *Medical Radiological Consequences of the Chernobyl Catastrophe in Russia. Estimation of Radiation Risks.* St Petersburg: Nauka, 2004. 388 p.

Чернобыльская АЭС и мёртвая Припять, опустевшая 27 апреля 1986 г.



Фото: pripyat.com

стоверное увеличение общей смертности на радиоактивно загрязнённых территориях Украины и Европейской России до 4,0% для первых 15 лет после Катастрофы. На загрязнённых территориях Беларуси, Украины и Европейской России дополнительная «чернобыльская» смертность за первые 15 лет после Катастрофы составила 237 тыс. человек. Можно предположить, что общая «чернобыльская» смертность за период 1987–2004 гг. достигла в остальной Европе 417 тыс., в Азии, Африке и Северной Америке — 170 000, а всего в мире составила около 823 тыс. человек.

Все официальные прогнозы относительно быстрого естественного очищения от чернобыльских радионуклидов наземных экосистем оказались ошибочными. Например, в результате процесса естественного погружения радионуклидов вглубь, они через 20 лет попали в самые насыщенные корнями растений слои почвы. Теперь радионуклиды в значительно больших количествах (чем несколько лет назад) выносятся растениями на поверхность. Это ведёт к росту внутреннего облучения и общей дозовой нагрузки для населения загрязнённых территорий. Всё это происходит несмотря на снижение плотности загрязнения территорий в результате процесса естественного распада дозообразующих радионуклидов.

На сильно загрязнённых территориях у растений возникают уродливые формы (радиоморфозы) — изменения цветков, листьев и стеблей; у некоторых растений распространяются опухоли, вызванные бактериями. У растений и животных на загрязнённых территориях сразу после Катастрофы резко возросла частота мутаций. Несмотря на постоянное снижение плотности радиационного загрязнения территорий (в результате процессов естественного распада радионуклидов), частота хромосомных и геномных мутаций у мелких млекопитающих возрастает на протяжении жизни 22 поколений. У всех изученных млекопитающих на загрязнённых территориях снижена плодовитость, повышена смертность, сокращена продолжительность жизни. У всех изученных высших растений, рыб, амфибий, птиц и млекопитающих понижена стабильность индивидуального развития (выражается в увеличении асимметрии — различии левой и правой час-

тей тела). Мечение показало, что некоторые виды птиц существуют здесь только благодаря притоку мигрантов с менее загрязнённых территорий.

Среди уроков Чернобыля:

- ... Ядерные катастрофы опасны для сохранения политической стабильности в мире. Чернобыльская катастрофа была одной из важных причин распада СССР. (Этот распад стал необратимым после референдума в Украине, одним из главных лозунгов которого был: «Не хотим жить с москалями, которые сделали нам Чернобыль».)
- ... Имя и время у Чернобыля могли быть другими, но катастрофа была неизбежна. Нельзя верить атомщикам, когда они говорят, что радиационные и ядерные катастрофы на современных реакторах невозможны. Создатели чернобыльского реактора тоже уверяли, что такой катастрофы произойти не могло.
- ... Атомщики всегда пытаются скрыть негативные последствия действия радиации.
- ... Невозможно исключить «человеческий фактор» в атомной энергетике (начиная от ошибок конструктора, до нарушения эксплуатационных режимов со стороны персонала). Кто мог себе представить, что операторы 4-го блока Чернобыльской АЭС решат заблокировать кнопки аварийной защиты липким пластырем?!
- ... Авария одного лишь ядерного реактора (в мире в 2007 г. работало 444 атомных энергоблоков) способна затронуть жизнь сотен миллионов человек в десятках стран и по своим последствиям для хозяйства и здоровья человека может быть многократно опаснее атомной бомбы.
- ... Затраты на минимизацию последствий Чернобыльской катастрофы составили во всех странах за двадцать лет около 500 млрд долл., и это — только часть расходов, которые потребуются. Венская конвенция (1997) ограничивает материальную ответственность атомной индустрии 200 млн долл. Платить за самонадеянность и авантюризм атомщиков приходится всему обществу, многим будущим поколениям людей.

Главная расплата за Чернобыль ещё впереди. Аморально и бессовестно атомщикам говорить: «пора забыть о Чернобыле». Главный урок Чернобыля: чтобы не допустить подобных катастроф в будущем, надо признать, что атомная энергетика в её современном виде неприемлемо опасна.

«Чернобыль» — это слово нам всем хотелось бы забыть. Оно напоминает о событии — взрыве ядерного реактора, — которое произошло в апреле 1986 года и открыло ящик Пандоры, полный невидимых врагов и неизвестных тревог и опасений в сознании людей. Тем не менее, некоторые из нас сейчас могут полагать, что это уже далеко в прошлом.

Есть две причины, заставляющие нас помнить об этой трагедии.

Во-первых, если мы забудем о Чернобыле, то это может привести к более серьёзным техногенным и экологическим катастрофам в будущем. К сожалению, ошибки такого рода нельзя исправить. Однако можно избежать их повторения в будущем.

Во-вторых, более семи миллионов наших братьев по разуму не в силах это забыть. Катастрофа, произошедшая четырнадцать лет назад, заставляет этих людей страдать каждый день. И действительно, то, что мы получили в наследство от Чернобыля, останется с нами, нашими потомками и грядущими поколениями. ...

Люди, чьи судьбы были поломаны этой продолжающейся катастрофой, живут в трёх странах: Беларуси, Украине и Российской Федерации. Их точное число вряд ли будет

когда-либо известно. Тем не менее, три миллиона детей нуждаются в лечении. Масштабы связанных с катастрофой серьёзных заболеваний станут известны не ранее 2016 года. И всё же, более других пострадали маленькие дети и младенцы, находившиеся на момент взрыва реактора в утробе матери. Они быстро растут, однако, скорее всего, тот факт, что они пострадали в детстве, отразится и на их взрослой жизни. Многие умрут раньше времени.

Чернобыль: продолжающаяся катастрофа. Вступительное слово Генерального секретаря ООН К. Аннана (Публикация ООН ОСНА/99/20). Апрель 2002 г. (<http://www.un.org/russian/ha/chernobyl/catast.htm>)

О риске ядерных аварий без эмоций

В среднем на Земле ежегодно один человек из миллиона подвергается риску быть убитым молнией. Этот уровень риска (10^{-6}) принято считать приемлемым как для техногенных аварий, так и для возникновения смертельных заболеваний.

Аварии на АЭС атомщики разделяют на «проектные» и «запроектные». Проектные — те, последствия которых они считают «допустимыми». Последствия «запроектных» аварий могут превышать «допустимые» и по жертвам среди населения, и по экономическим, экологическим, политическим последствиям.

Ликвидация последствий «запроектных» аварий — это перекалывание расплаты с атомной промышленности на всё общество. Опыт Чернобыля и АЭС «Три Майл Айленд» показал, что экономический ущерб от них может превышать всю прибыль атомной индустрии.

Согласно «Общим положениям обеспечения безопасности атомных станций при проектировании, сооружении и эксплуатации» (ОПБ-88), среднегодовая вероятность катастрофы, подобной Чернобыльской, допускается на уровне 1×10^{-7} , что, казалось бы, соответствует приемлемому (один раз на 10 млн лет работы одного реактора). Из вероятности катастрофы на АЭС 10^{-7} следует, что максимальный индивидуальный риск гибели составит 3×10^{-10} в год. Этот риск значительно ниже, чем риск сломать ногу на улице. По этим расчётам получается, что атомная энергетика безопаснее разведения овец и коз, вязания носков и собирания марок. Непонятно только, откуда берутся чернобыли, виндскейлы и токаймуры?

Все подобные расчёты (которых много приводится в атомной литературе) ошибочны: они уравнивают повседневные события с незначительными последствиями с редчайшим событием с неприемлемыми последствиями. Непредвиденные расчётами обстоятельства (а предвидеть всё невозможно) делают все псевдоточные расчёты вероятностей атомных рисков бессмысленными — объективная оценка риска в таких сравнениях недостижима.

Есть более убедительные факты. В мире к 2009 г. работало 444 коммерческих атомных реактора, которые наработали суммарно около 10 000 реакторо-лет. За это время произошла одна глобальная радиационная катастрофа (Чернобыльская) и пять региональных (на плутониевом производстве «Маяк» в 1957 г., на британской АЭС «Виндскейл» в 1969 г., на Ленинградской АЭС в 1975 г., на АЭС «Три Майл Айленд» в США в 1979 г., на японском заводе по производству топлива в Токаймура в 1999 г.). Следующие 10 000 реакторо-лет будут «накоплены» в мире в ближайшие 15 лет. Похоже, что до 2025 г. нас ждёт вторая катастрофа чернобыльского типа и несколько региональных катастроф.

Если мы будем иметь приблизительно 1000 реакторов, то каждые десять лет мы можем иметь с большой вероятностью тяжёлую аварию.

Мурогов В.М. (зам. генерального директора МАГАТЭ). Назрела необходимость создать международный фонд ядерного разоружения // Ядерный контроль. 1998. № 5. С. 5–16.

Единица массы ядерного горючего обладает потенциальной энергией на шесть порядков большей, чем углеводородного топлива. Можно считать, что на столько же ядерная энергетика опаснее огневой.

Всё сказанное приводит к мысли, что современная атомная энергетика, ещё недавно казавшаяся вершиной технического прогресса, оказывается отсталой, морально устаревшей. *«Атомная энергетика пока находится на уровне самоварной техники... Может мне кто-нибудь из наших атомщиков ответить, что образуется во время аварии, какие осадки выпадают, как они переносятся, видоизменяются? Вопросов больше, чем ответов»**. Это написал не «зелёный», а специалист по проблемам безопасности атомных станций Федерального ядерного центра России в Сарове (РФЯЦ-ВНИИЭФ) в 1994 г.

Выдвигая в качестве основного направления своих действий замещение действующих АЭС энергоблоками повышенной безопасности, атомщики тем самым признают то, что говорят «зелёные»: современная атомная энергетика неприемлемо опасна.

Приближающиеся — как уверяют атомщики вот уже двадцать лет — технологии термоядерной энергетики, основанные не на расщеплении, а на слиянии атомных ядер, может быть, будут менее опасными. Но тогда удивительно, что атомщики и на Западе, и на Востоке планируют на десятилетия вперёд развитие опасной атомной энергетики современного типа.

...Основная направленность деятельности «зелёных» должна быть сконцентрирована на «понуждение» науки и техники создавать новые технологии, обеспечивающие возрастающую во времени безопасность человеческого общества и допустимую экологическую нагрузку на окружающую нас природу.

Из статьи академика Н.А. Семихатова «К вопросу об изучении экологических последствий катастроф на атомных объектах» (Проблемы региональной экологии. 1995. № 1. С. 81–85)

«Имеющий уши, да слышит» — сказано древними. Увлечённые сохранением и развитием атомной индустрии, атомщики не слышат «понуждений» общества. Наверное, только второй Чернобыль сможет их остановить...

ГЛАВА 7

Неразрывная связь атомной энергетики и атомного оружия**

В наше время девять стран имеют/имели ядерное оружие (США, Россия, Великобритания, Франция, Китай, Израиль, Индия, Пакистан, Южная Африка), и около 30 других стран имеют/имели программы по созданию такого оружия. Мир год от года становится всё более и более ядерно-оружейным и опасным. Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан, подводя итоги сессии ООН по нераспространению атомного оружия в мае

* Мосин И. Ядерный джинн над планетой. Страж мира или предвестник катастрофы? // Век. 1994. № 48. С. 6.

** Глава основана на публикации А.В. Яблокова «Неизбежная связь ядерной энергетики с атомным оружием» (Доклад «Беллоны»). М., 2005 (<http://www.bellona.ru/reports/yablokov>)

2005 г., отметил, что все три колонны, на которых держится Договор о нераспространении ядерного оружия (1968) — собственно нераспространение ядерного оружия, ядерное разоружение и мирное использование атомной энергии — «дали трещины». Неразрывная связь «мирного использования атомной энергии» с ядерным оружием — главная «трещина» режима нераспространения.

Международные соглашения и национальное законодательство об оружейно-энергетической связи

Устав МАГАТЭ ставит перед этим агентством две задачи: 1) содействие распространению мирных ядерных технологий и 2) контроль за нераспространением атомного оружия. Этим уже подчёркивается неразрывная связь между мирным и не-мирным использованием атомной энергии: контроль за «мирными» ядерными технологиями был бы не нужен, если они не вели бы к созданию атомного оружия.

Часть 1 статьи III Договора о нераспространении ядерного оружия (1968 г., бессрочно продлён в 1995 г.) признаёт, что существует возможность *«переключения ядерной энергии с мирного применения на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства»*, и устанавливает, что *«...ко всему исходному или специальному расщепляющемуся материалу во всей мирной ядерной деятельности...»*.

Статья XIV Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний 1996 г. (ДВЗЯИ) устанавливает, что *«Договор вступит в силу через 180 дней после даты депозита документов о ратификации всеми государствами, перечисленными в Приложении 2 к этому Договору ...»*. Приложение 2 ДВЗЯИ содержит не только девять стран, имеющих (имевших) ядерное оружие, но 35 других стран, которые имеют гражданские (коммерческие или исследовательские) атомные реакторы. Таким образом, ДВЗЯИ недвусмысленно устанавливает, что любая страна, обладающая гражданским атомным реактором, имеет возможность создать атомное оружие.

Национальное законодательство всех стран, имеющих атомное оружие (и России, в том числе), также подтверждает теснейшую связь между атомным оружием и мирной атомной энергетикой. Поэтому когда атомщики с невинной миной утверждают, что, например, Ангарский электролизный химический комбинат не имеет никакого отношения к атомному оружию, — надо посоветовать им получше познакомиться с российскими законами и международными соглашениями, подписанными Россией.

Физические основы оружейно-энергетической связи

Неизбежность связи атомной энергетике с атомным оружием вытекает из физической природы реакции деления ядер расщепляющихся материалов (урана и плутония), используемой как в атомных реакторах и атомной энергетике в целом, так и в ядерном оружии.

Источники энергии на АЭС и в атомной бомбе

И в атомном энергетическом реакторе, и в атомном оружии источником энергии является расщепление атомов урана или плутония. Ядро атомов урана-235 и плутония-239 распадается после поглощения нейтрона. Каждый распадающийся атом выделяет энергию и испускает 2-3 новых нейтрона, которые могут поглощаться другими атомами. Эти атомы, в свою очередь, расщепляются с выделением энергии и нейтронов. Такая *самоподдерживающаяся цепная реакция* даёт тепло в атомном реакторе (это тепло используется для создания пара и затем электричества) и даёт взрывную силу атомной бомбе.

Для начала цепной реакции делящийся материал должен образовать *критическую массу* — достаточное количество спонтанно расщепляющегося вещества в достаточно небольшом пространстве, — условие, при котором число нейтронов, выделяющихся при делении ядер, должно быть больше числа поглощённых нейтронов. Это можно сделать, либо повысив содержание урана-235, либо замедлив скорость нейтронов, чтобы они не пролетали мимо ядер урана-235. В атомном реакторе цепная реакция и выделение энергии контролируются (посредством поглощения нейтронов стержнями из неделящихся материалов), и энергия атомного ядра выделяется в течение месяцев и лет. В атомном заряде цепная реакция не тормозится, и энергия выделяется в миллионные доли секунды.

Критическая масса для обогащённого до 93,5% по урану-235 в форме шара — менее 50 кг; для шара с отражателем нейтронов (рефлектором) из бериллия — 15 кг (такой шар имеет диаметр всего около 13 см), для водного раствора урана — менее одного килограмма. Критическая масса для шара из плутония-239 — 5,6 кг, для шара из плутония с отражателем из бериллия — около 1 кг. Если использовать сверхсильную взрывчатку, сжимающую расщепляющиеся материалы, можно уменьшить критическую массу плутония-239, необходимую для создания боезаряда до 800 г, а урана-235 — до 3 кг.

Исходная критическая масса и в плутониевой, и в урановой атомной бомбе может быть создана либо столкновением двух частей суб-критической массы вещества (конструкция атомного заряда т.н. «пушечного типа»), либо равномерным сжатием суб-критической массы вещества синхронными взрывами со всех сторон (конструкция взрывного типа). Конструкция пушечного типа настолько проста, что первая урановая атомная бомба (взорванная американцами над Хиросимой 6 августа 1945 г.) была создана без проведения испытаний прототипа на полигоне.

Итак, уран-235 — единственный естественный расщепляющийся материал, являющийся основой для всех атомных технологий, и военных, и гражданских.

Производство урана-235 и плутония

Чтобы поддерживать цепную реакцию в атомном реакторе, концентрация урана-235 должна быть не меньше 1,5%, а в атомной бомбе — не меньше 70%. Все известные методы обогащения (электромагнитный, лазерный, химический, аэродинамический, центрифужный и газодиффузный) применимы для получения как энергетического, так и оружейного урана. Число единиц работы разделения (ЕРР), необходимое для обогащения урана с природных 0,7% до энергетических 5% по урану-235, совпадает с количеством ЕРР, необходимых для его обогащения с 5% до 30% (что достаточно для некоторых вариантов ядерных взрывных устройств). Если 5000 центрифуг в течение года работы могут произвести 500 кг урана-235 обогащением до 20%, то с помощью тех же центрифуг в течение одного года можно произвести 25 кг урана-235, обогащённого до 90%.

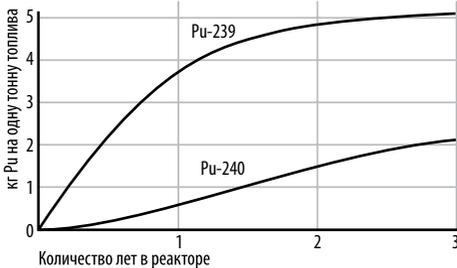
Ещё один физический процесс, неразрывно связывающий атомную энергетику и атомное оружие, — возникновение плутония в ходе физических превращений урана.

Плутоний возникает в результате бомбардировки нейтронами уранового топлива в любом атомном реакторе: уран-238, который составляет большую часть массы топлива, поглощая нейтроны, превращается в уран-239 (период распада около 4 ч), который затем превращается в нептуний-239 (период распада около 10 сут.), который затем превращается в плутоний-239. При поглощении нейтрона плутоний-239 превращается в плутоний-240. Последний называют «энергетическим», поскольку он возникает только в длительно работающем реакторе (рис. 15). В так называемых «промышленных» реакторах, на атомно-оружейных производствах, выемка облучённого топлива происходит в течение первого года после загрузки — чтобы получить более подходящий для бомбы плутоний-239.

Меняя время нахождения ТВС в реакторе, можно изменять и содержание разных изотопов плутония в облучённом топливе. В тонне ОЯТ, только что извлечённой из ре-

Рисунок 15

График накопления Pu-239 и Pu-240 в топливных элементах типичного легководного реактора в течение 3 лет



Carson M. *Explosive Properties of Reactor-Grade plutonium* // *Science & Global Security*. 1993. Vol. 4. P.111–128 (<http://www.nature.ru/db/msg.html?mid=1183867&uri=73.html>)

Таблица 12

Наработка плутония в реакторах разной мощности за год работы

Реактор (мощность, МВт)	Плутоний, кг/год	Страна
Тяжеловодный графитовый (30t)	8	Северная Корея
Тяжеловодный CIRUS (40t)	9	Индия
Тяжеловодный Kushab (50t)	12	Пакистан
Тяжеловодный DHRUVA (100t)	25	Индия
Тяжеловодный (100t)	40	Израиль
Легководный ВВЭР-1000 (1000e)	230	Иран

t — тепловая мощность; e — электрическая мощность

Яблоков А.В. *Неизбежная связь ядерной энергетики с атомным оружием (Доклад «Беллоны»)*. М., 2005. (<http://www.bellona.ru/reports/yablokov/>)

актора типа ВВЭР после трёх лет облучения в реакторе, содержится в среднем 950-980 кг урана-235 и урана-238, 5-10 кг плутония-239 и плутония-240, 1,3 кг цезия-137, 770 г технеция-99, 500 г стронция-90, 500 г нептуния-237, 300 г америция-241 и америция-243, 200 г йода-129, 60 г кюрия-242 и кюрия-244, 14 г самария-151 и т.д. Плутоний для бомб выделяется из этой смеси радионуклидов с помощью химических реакций. Это выделение плутония из смеси элементов много проще, чем обогащение урана по изотопу-235, и доступно для любой радиохимической лаборатории. Поэтому нельзя помешать, например, Ирану на запускаемой АЭС «Бушер» выгрузить топливо в течение первого года и получить после несложного выделения оружейный плутоний. Сделать плутониевую бомбу можно и из «энергетического» плутония — просто его потребуется несколько больше, чем «оружейного». Например, сброшенная на Нагасаки бомба содержала 5 кг «оружейного» плутония. Для такой же мощности бомбы потребовалось бы 7 кг «энергетического» плутония.

Один реактор на АЭС «Бушер» мощностью 1000 МВт произведёт в год плутония, достаточного для изготовления 30-35 ядерных боезарядов. Даже в исследовательских реакторах мощностью в несколько мегаватт можно быстро наработать количество плутония, необходимое для создания маленькой бомбы (табл. 12).

Атомщики старательно поддерживают миф о том, что атомную бомбу можно изготовить только из плутония, состоящего более чем на 90% из изотопа плутония-239. На самом деле, эксперименты в США ещё в 1972 г. показали, что смесь изотопов плутония, получаемая в любом атомном реакторе, годится для изготовления атомной бомбы.

Отдельная проблема нераспространения — это энергетический плутоний. В мире накоплено огромное количество выделенного энергетического плутония (его существующие запасы оцениваются в 200 тонн), в том числе плутония достаточно высокого качества. Развиваются программы по расширению этой деятельности. Это опасный путь, и коль скоро мы беспокоимся об излишках ядерных оружейных материалов, нам нужно выработать приемлемый и эффективный подход и в этой области, который снял бы ядерные угрозы, связанные с производством энергетического плутония.

Андрюшин И.А., Чернышев А.К., Юдин Ю.А. *Укрощение ядра. Гл. 8. Производство энергетического плутония*. 2003 (<http://freebooks.net.ua/7477-andrjushin-i.a.-chernyshev-a.k.-judin-ju.a.html>)

Таблица 13

Оценка возможностей нелегального создания атомного оружия

(по материалам Курчатовского института)

Исходный материал	Время	Стоимость	Скрытность	Доступность	Риск
НОУ	1,5–15	3–100	10–200	10–2500	55,9
ВОУ	1	1	1	1	1
Плутоний (энерг.)	1,5–10	5–60	0,2–20	0,1–100	0,80
Плутоний (оруж.)	1–4	2–20	0,1–0,9	0,01–0,5	0,01

Яблоков А.В. Неизбежная связь ядерной энергетики с атомным оружием (Доклад «Беллоны»). М., 2005. (<http://www.bellona.ru/reports/yablokov>)

Итак, в атомном реакторе любой АЭС, работающей на урановом топливе, неизбежно возникает плутоний. Выделение его из ОЯТ не представляет принципиальных сложностей. Из этого «энергетического» плутония можно изготовить атомную бомбу. Из имевшегося к 2005 г. в мире энергетического плутония (в основном, в составе ОЯТ) можно изготовить около 30 тысяч атомных бомб.

Если сравнивать все аспекты создания атомного оружия (стоимость, скрытность, доступность, эффективность) и взять за основу сравнения создание ядерного взрывного устройства на основе высокообогащённого урана, то оказывается, что самым простым путём является создание бомбы на основе переработки низкообогащённого урана, то есть урана атомной энергетики (табл. 13).

Время создания ядерного взрывного устройства на основе энергетического урана примерно то же самое, и хотя стоимость несколько выше, зато на порядок выше и возможности сокрытия этой активности и тысячекратно выше доступность исходного материала.

Давно ясно, что «мирные» технологии обогащения урана изотопом уран-235 допускают обогащение до уровня, позволяющего создать атомное взрывное устройство.

Давно перестало быть секретом, что создать атомную бомбу можно на основе плутония, образующегося в реакторе любой АЭС, работающей на урановом топливе. Утверждения атомщиков, что для создания бомбы реакторный плутоний не годится, — лукавы и опровергнуты экспериментально.

Атомная энергетика сначала была «хвостом» ядерного вооружения. Главной причиной её развития и в СССР, и в США было не получение электричества, а более эффективное использование военных расходов. Теперь ситуация стала противоположной: если какая-то страна хочет скрытно получить атомное оружие — она начинает с развития мирной атомной энергетики. Любая страна, в которой работают АЭС, прошла большую часть пути к созданию атомной бомбы. Всё это делает современную атомную энергетику ведущим фактором, способствующим скрытному созданию и распространению атомного оружия.

Спустя много лет становятся всё более понятными крылатые слова выдающегося физика, Нобелевского лауреата Петра Капицы (отказавшегося от работы по атомной проблематике в СССР по нравственным соображениям): «Атомная электростанция — это атомная бомба, дающая электричество».

ЧАСТЬ IV

Атом в Восточной Сибири

ГЛАВА 8

Добыча урана и тория в Восточной Сибири

Забайкальский край и Бурятия — основные регионы добычи урана в России. Последствия этой деятельности, как и планируемое увеличение масштабов добычи, создаёт немалые экологические проблемы.

Приаргунское производственное горно-химическое объединение



Фото: www.rosatom.ru

ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ППГХО) — одно из крупнейших в мире и самое крупное в России уранодобывающее предприятие (около 3 тыс. т урана в год).

В Забайкальском крае урановая руда добывались в окрестностях г. Балей в 1954–1964 гг. и добывается ППГХО до сих пор на одном из крупнейших в мире Стрельцовском рудном поле, расположенном в се-

верных отрогах Аргунского хребта (Урулюнгуевский ураново-рудный район в Краснокаменском районе Забайкальского края, разведанные запасы урана — 147 тыс. тонн). Здесь найдено 19 месторождений урана (в руде преобладает минерал настуран — оксид урана UO_2). Урановые месторождения есть и в пяти других урановорудных районах Забайкальского края, расположенных в бассейне Амура (Ингода, Аргунь, Шилка) и Байкала (Чикой-Селенга): Южно-Даурском, Оловском, Хилокском, Мензинском и Чикойском (в Чикойском, Акшинском, Красночикойском административных районах Забайкальского края).

ППГХО ведёт добычу урана подземным (шахты) и открытым (карьерным) способами с последующей переработкой руды на гидрометаллургическом заводе. Беднобалансовые и забалансовые руды обрабатываются методом кучного выщелачивания. При производстве 2-3 тыс. т уранового концентрата (окиси-закиси урана U_3O_8) в ППГХО образуются ежегодно сотни тысяч тонн отвалов отработанных руд (по некоторым подсчётам из опубликованных Росатомом отчётов — в 2004 г. на ППГХО образовалось 792 тыс. т твёрдых низкоактивных РАО).

В районах расположения таких отвалов рудных пород, даже после рекультивации (покрытия слоями нерадиоактивного грунта, например, песком) мощность радиоактивного гамма-излучения достигает 250 мкР/ч, активность альфа-излучающих радионуклидов — 13 000 Бк/кг (в десятки раз выше естественного фона).

На ППГХО существует 18 источников выброса в атмосферу радона-222 и 10 источников выброса урана. Масштаб этих выбросов (табл. 14) таков, что атмосфера, водоёмы и почва заметно загрязнены на расстоянии десятков километров от урановых производств.

Загрязнение подземных вод торием-230 обнаружено в непосредственной близости от водозабора г. Краснокаменска (население более 60 тыс. человек).

Посёлок Октябрьский рядом с г. Краснокаменском был построен в 1960-е гг. для геологов на период проведения геологоразведочных работ на Стрельцовском урановом поле, непосредственно над одним из крупных урановых месторождений. С освоением уранового месторождения посёлок оказался в промышленной зоне ППГХО. Техногенное загрязнение по урану и радону привело к тому, что посёлок в 1990-е гг. был отнесён к зоне «чрезвычайной экологической ситуации». В настоящее время ведётся переселение жителей этого посёлка в Краснокаменск.

Урановое, ториевое и радоновое загрязнение не прошло бесследно для Забайкальского края. В Балее и Краснокаменске высока частота болезни Дауна и раковых заболеваний, увеличена перинатальная смертность и мертворождаемость. У 19% женщин городов Балей и Краснокаменск беременность заканчивается выкидышами и преждевременными родами. До 70% призывников в 1999 г. страдали олигофренией, ортопедическая патология выявлена у 67% осмотренных детей Балая. Для жителей этого города была характерна высокая частота врождённых катаракт и асфиксии (причина — воздействие ионизирующего излучения в период беременности), увеличение смертности от новообразований, особенно у мужчин (Лукашевский, 2000).

Урановые планы Забайкальского края

Опираясь на утверждённую в 2006 г. Правительством РФ Федеральную целевую программу «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007–2010 годы и на перспективу до 2015 года», атомщики активизировали планы по разработке урановых месторождений. В 2006 г. корпорация «ТВЭЛ» получила право на разработку месторождений урана Аргунское и Жерловое в Забайкалье, а в 2007 г. — ОАО «Техснабэкспорт» выиграл конкурсы на разработку урановых месторождений Берёзовое и Горное в Забайкалье и Эльконского рудного района в Якутии.

Запасы урана на Берёзовом месторождении оцениваются около 5000 т (при среднем содержании урана в руде 0,114%). Прогнозные ресурсы месторождения Горное, расположенного в верховьях р. Чикой (приток р. Селенга), составляют 4800 т. Здесь добыча планируется методами как подземного (70%), так и кучного выщелачивания.

Таблица 14

Масштабы загрязнения окружающей среды Приаргунским ГХО

	Радионуклиды	Активность, Бк/год
Выбросы в атмосферу	Радон-222	$3,0 \times 10^{14}$
	Уран-234, -235, -238	$4,7 \times 10^{10}$
Сбросы со сточными водами	Уран-234, -235, -238	$1,8 \times 10^{12}$
	Полоний-210	$8,4 \times 10^9$
	Свинец-210	$6,3 \times 10^9$
	Радий-226	$4,5 \times 10^9$
	Торий-230	$2,0 \times 10^9$

Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. М., 2000. С. 83, табл. 4.2.

Месторождение Горное площадью 4,5 км² находится в горнотаёжной местности на высоте 1400 м вблизи от создаваемого национального парка «Чикой». Вниз по р. Чикой расположены десятки сёл, питьевое водоснабжение которых основано на водах реки. Неизбежное загрязнение реки при добыче урана в верховьях вызывает обеспокоенность местных жителей. Более 85% населения Красночикойского района в 2008 г. высказалось против разработки этого месторождения.

Последствия добычи монацита в Балее

В начале советского атомного проекта в окрестностях г. Балей (Забайкальский край) была организована добыча монацита. Монацит — минерал, содержащий смесь редкоземельных металлов и тория. В нём содержится до 10% оксида тория (ThO₂) и до 0,4% оксида урана (U₃O₈). Секретное производство «п/я А-1084» в Балее в 1949–1964 гг. разрабатывало монацитовые россыпные месторождения («чёрные пески») вблизи города для получения концентрата тория (для последующего выделения делящегося изотопа тория-232)*.

Монацит отличается химической устойчивостью (не растворяется кислотой и щёлочью) и поэтому торий не попадает по пищевым цепочкам в организм человека. Реальную угрозу для окружающей среды представляет разнос содержащих торий-232 аэрозолей и пыли, а также продукты распада тория-232 — радий-228 и -224, мышьяк-228, радон-220, полоний-216, свинец-212, висмут-212, таллий-208. Торий — альфа-излучатель, продукты его распада — альфа-, бета- и гамма-излучатели. Особенно опасен газ радон (период существования радона-220 около 10 минут, радона-222 — около месяца) и его продукты распада. Попадая через лёгкие внутрь организма, они ведут к дополнительному особенно опасному внутреннему облучению.

Монацитовый песок на обогатительной фабрике освобождался от гальки. Этот первичный концентрат подвергался переочистке и получался продукт, содержащий до 60% монацита. После ликвидации в 1964 г. предприятие оставило после себя незаконсервированные карьеры, хвостохранилища и часть доводочной фабрики. На территории бывшего производства в 1992 г. радиоактивный фон достигал 3000 мкР/ч. В городе часть зданий была построена с использованием монацитового песка как строительного материала. Повышенный техногенный радиационный фон в 1990-х гг. захватывал значительную часть городской территории. В конце 1990-х гг. была проведена рекультивация карьера, а дома, построенные в 1970-е гг. с использованием монацитового песка, к 2005 г. были снесены. Не исключено, что заметно повышенная онкологическая заболеваемость среди жителей Балая, особенно среди подростков, может быть связана с радиоэкологическими последствиями разработки «чёрных песков»**.

* Торий в земной коре в 2-3 раза больше, чем урана. Хотя из тория-232 можно сделать атомную бомбу, и в США, и в СССР был выбран не уран-ториевый, а уран-плутониевый тип ядерного оружия (и, соответственно, атомной энергетики). Созданные в годы начала «холодной войны» запасы ториевого сырья превратились в залежи концентрированных радиоактивных материалов, как, например, в районе Красноуфимска, Свердловская область. Здесь среди 82 тыс. т монацита находится и монацитовый концентрат из Балая (Верховец и др., 2006).

** В настоящее время почти вся территория хвостохранилища (6 из 8 участков радиоактивного загрязнения) бывшей фабрики Новотроицкого рудоуправления на окраине г. Балая реабилитирована. Окончание реабилитации (по ФЦП «Ядерная и радиационная безопасность на 2008 год и на период до 2015 года») ожидается через 2-3 года. С 2009 г. в этих работах принимает участие филиал «Сибирский территориальный округ» ФГУП «РосРАО» — бывший Иркутский спецкомбинат «Радон». — *Прим. рецензента Б.П. Черняго.*

Экологические проблемы добычи урана в Бурятии

Основные урановые месторождения в Бурятии находятся на Витимском плоскогорье. Витимский урановорудный район расположен на северо-западном крае Байкальской рифтовой системы. Здесь открыты урановые месторождения, содержащие около четверти разведанных запасов урана в России. Витимский рудный район включает Хиагдинское рудное поле, Джилиндинское и Родионовское месторождения.

Хиагдинское рудное поле (площадь 600 км², в междуречье Джилинда–Тетрах–Большой Амалат) включает 8 месторождений (Количикан, Коретконде, Намару, Вершинное, Неточное, Дымбын, Тетрах и Хиагдинское). Хиагдинское месторождение состоит, в свою очередь, из семи рудных залежей. Средние содержания урана в залежах колеблются от 0,028 до 0,147%, при глубине залегания от 67 до 187 м.

Южно-Витимский урановорудный район включает Холойский и Кондинский узлы. Холойский узел включает Витлауское и Талаканское месторождения с общими запасами до 10 тыс. т урана. Кондинский узел включает Щегловское месторождение (8,5 тыс. т урана) и ряд других с суммарными запасами около 30 тыс. т урана. Общие прогнозные запасы урана на Витимском плоскогорье — более 150 тыс. т.

Хиагдинское месторождение

Опытно-промышленная разработка уранового Хиагдинского месторождения (прогнозные запасы 100 тыс. т, разведанные запасы — 40 тыс. т) компанией «Хиагда» госкорпорации «ТВЭЛ» ведётся с 1994 г. методом подземного выщелачивания (ПВ). Полигон ПВ занимает 1,2 га и включает закачные, откачные и наблюдательные скважины, гидрометаллургический цех, сеть трубопроводов. В систему скважин, пробуренных в верхней части месторождения, закачивается серная кислота, которая растворяет соединения урана и образует раствор. Уран в этом растворе переносится вниз по склонам подземной палеодолины, где через вторую систему скважин откачивается на поверхность. Промышленный раствор (содержание урана до 165 мг/л) из откачных скважин поступает по трубопроводу в гидрометаллургический цех, где получают урановый концентрат. Полученный концентрат урана (диуранат натрия — Na₂U₂O₇) очищается и упаковывается для дальнейшей переработки на химических комбинатах. После извлечения урана в промышленный раствор добавляется серная кислота, и он снова закачивается в рудное тело.

В 2008 г. добыча урана на Хиагдинском месторождении составила 61 т (на 2009 г. запланирована 151 т). Недавно корпорацией принято решение о переходе к промышленной разработке месторождения. К 2015 г. здесь планируется добывать по 2000 т урана в год.

Атомщики утверждают, что подземное выщелачивание — самый экологически чистый способ добычи урана. Однако независимый экологический мониторинг на Хиагдинском месторождении показал, что это не так. Здесь подземные и поверхностные воды за пределами месторождения сильно загрязнены ураном и остатками серной кислоты.

В скважине питьевого водоснабжения за пределами рудных залежей вскоре после начала работ на месторождении появился уран. Его концентрация за четыре года наблюдений выросла почти в 200 раз (от 0,04 мкг/л в 1999 г. до 7,83 в 2003 г.). Концентрация урана в наблюдательной скважине за пределами полигона ПВ за период 2000–2005 гг. возросла в 450 раз. Концентрация сульфат-иона за это время возросла в 53 раза (от 10 мг/л в 1999 г. до 533,8 мг/л в 2003 г.), что сделало источник непригодным для питьевого водоснабжения. Такой рост концентрации означает, что часть реагентов с растворённым ураном загрязняет горизонты подземных вод и попадает в ручьи и реки, текущие в Витим.

Загрязняется и поверхность из-за утечек промышленных растворов из трубопроводов. Стенки пруда-накопителя, построенного для сбора стоков с полигона, недостаточно

изолированы и не удерживают уран и сульфат-ион, пропуская их далее в ручьи и реки. В десятки раз возросла концентрация урана и в травяно-моховом покрове в долине ручья, который берёт начало с полигона выщелачивания. Если такое загрязнение возникает от опытной добычи урана, то что же будет при промышленной добыче, когда серная кислота будет закачена в сотни скважин в десятках долин? Надо заметить, что и транспортировка сотен тонн серной кислоты по плохим дорогам Забайкалья — это большой риск.

Опасные цистерны

В Бурятии перевернулся грузовик с серной кислотой. В результате разгерметизации 24-тонной ёмкости произошёл разлив серной кислоты на площади 12,5 кв. м. ... В Еравнинском межрайонном следственном отделе СКП сообщили, что кислота попала в грунт, а также на лёд притока реки Витим. Начато следствие.

Это вторая, получившая широкую огласку, авария с кислотовозами ОАО «Хиагда», занимающегося разработкой уранового месторождения. Крупный инцидент был в апреле 2007 г., когда пьяный водитель кислотовоза ночью опрокинул «КамАЗ», в результате чего на земле оказалось 16 тонн серной кислоты.

... Как считают в Бурятском региональном объединении по Байкалу, может пострадать рыба и нерестилища, есть потенциальная опасность для людей, живущих ниже по течению Витима — притока Лены. ... Общественники также напоминают о требованиях местных жителей выполнить обещание, которое давали добытчики стратегического сырья — построить мост через Витим. Сейчас грузовики с кислотой переправляются через реку на паромной переправе, вместе с местными жителями.

Байкал Медиа Консалтинг, 30.03.2009 г.

(<http://baikal-media.ru/2009/03/30/v-buryatii-perevernulsya-gruzovik-s-sernoi-kislotoi>)

По принципу «спасение утопающих — дело рук самих утопающих» местные жители засыпают канавы с опасным уровнем радиации на урановом месторождении Талакан (см. текст)



Фото: Бурятское региональное объединение по Байкалу

Талаканское месторождение

Месторождение Талакан находится в низовьях р. Холой, недалеко от её впадения в Витим, рядом с дорогой Чита–Улан-Удэ, и его границы подходят вплотную к околице села Романовка с населением 1700 человек.

Концентрация урана здесь очень низкая (ниже 0,02 г/т), и пока месторождение не планируется разрабатывать. Однако от разведочных работ 1980-х гг. здесь остались шурфы и канавы (залёжь урана подходит к поверхности). В таких канавах уровень радиации достигал в 2006 г. 2400 мкР/ч — в 80 раз выше фонового. Не предупреждённые об опасности, в этих канавах летом в жару отдыхали косари, хранили продукты и питьевую воду*.

Урановые планы Якутии

Эльконский урановорудный район расположен в Южной Якутии на Алданском нагорье, где разведано восемь урановорудных месторождений (Элькон, Эльконское плато, Курунг, Дружное, Непроходимое, Северное, Интересное и Лунное) с общим запасом 320

* Только совсем недавно благодаря сотрудникам БРО по Байкалу и местным активистам эти канавы были засыпаны, радиоактивность над ними снизилась до безопасного уровня. — *Прим. ред.*

тыс. т урана (6% мировых). Основные запасы (около 260 тыс. т) сосредоточены в южной зоне, где среднее содержание урана в руде около 0,15%.

Здесь ОАО «Техснабэкспорт» создаёт самый крупный в России Эльконский горно-металлургический комбинат. Начало промышленной добычи урана планируется на 2013 г., а к 2020 г. предполагается выйти на проектный объём добычи — 5 тыс. т в год концентрата закиси-окиси природного урана*.

Добычу, судя по содержанию урана в руде, предполагается вести подземным и кучным выщелачиванием.

При проведении геологоразведочных работ из 15 горных выработок в 1960–1980-е гг. было извлечено на дневную поверхность и складировано (в основном, в долинах горных ручьёв) свыше 1 млн т рудной массы, в которой находится около 1200 т урана (концентрация урана достигает 0,5%). На поверхности этих рудных отвалов максимальная экспозиционная доза излучения доходит до 2000 мкР/ч (активность до 23 290 Бк/кг). Уран-238 и радий-226 в опасных концентрациях обнаруживаются в реках, ягодах, грибах, корнях растений, мхах. Опасно высоким оказывается здесь и концентрация радона в приземном слое воздуха. Известны случаи отсыпки дорог материалами, взятыми из урановых отвалов. В 2008 г. металлические бочки с урановой рудой (излучение на поверхности составляло более 1100 мкР/ч) в нарушение всех норм и правил много месяцев находились непосредственно у жилых домов в пос. Томмот.

На границе Якутии с Иркутской областью, в Олёкминском улусе, находится Торгойская группа уран-ториевых месторождений. После геологоразведочных работ 1959–1965 гг. здесь также остались многочисленные шурфы (глубиной до 20 м), канавы и траншеи, вскрывшие рудные тела, и отвалы этих выработок. Даже спустя 40 лет на поверхности этих отвалов МЭД достигает 1400 мкР/ч (в 35 раз выше регионального фона), а радиоактивность грунта достигает 14,5 тыс. Бк/кг. Разработанные Росатомом ещё в 2003 г., мероприятия по реабилитации этих территорий до сих пор не начаты.

ГЛАВА 9

Предприятия ядерно-топливного цикла в Восточной Сибири

В этой главе приводятся краткие сведения о трёх наиболее опасных объектах атомной индустрии в Восточной Сибири.

Горно-химический комбинат (Железногорск, бывший Красноярск-26)

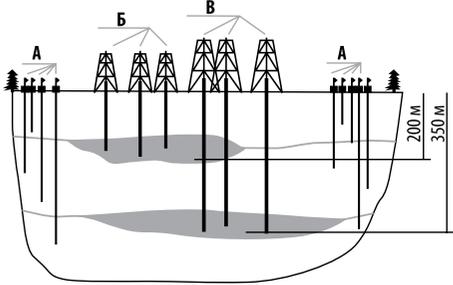
Горно-химический комбинат (ГХК) был создан в годы «холодной войны» для разработки оружейного плутония. Для этого на глубине до 200–300 м в скальном массиве на правом берегу Енисея (в 60 км ниже по течению от Красноярска) был построен под-

* Пресс-релиз ОАО «Техснабэкспорт» от 15 мая 2007 г. (http://old.tenex.ru/digest/Elkon_ru.htm).

Рисунок 16

Схематический разрез полигона «Северный»

А — наблюдательные скважины (42 скважины); **Б** — закачивание низкоактивных отходов (II горизонт), 7 нагнетательных скважин; **В** — закачивание отходов средней и высокой активности (I горизонт), 4 нагнетательные скважины.



Михеев В.И., Хижняк В.Г. Полигон «Северный». В кн.: Горно-химический комбинат: независимый взгляд. Красноярск: Красноярское краевое экологическое движение, 1998. (<http://nuclearno.ru/text.asp?330>)

земный город с тремя атомными реакторами и химическим производством по выделению плутония. С 1954 г. до 1992 г. здесь было наработано, по расчётам, около 45 т оружейного плутония (достаточно для производства 8-9 тыс. ядерных бомб).

Два из трёх производящих плутоний (промышленных) реакторов работали в проточном режиме — охлаждались водой, забранной из Енисея. Эта вода после охлаждения реактора сбрасывалась в Енисей. В результате весь Енисей до Ледовитого океана оказался радиоактивно загрязнённым. Хотя прямой сброс радионуклидов в Енисей прекратился в 1992 г., но до сих пор на сотни километров вниз по течению от ГХК обнаруживаются в пойме реки и рыбах радионуклиды в опасных концентрациях. Соответственно, возросла заболеваемость (в том числе онкологическая) и частота хромосомных нарушений в клетках крови у жителей ближайших ниже по течению посёлках.

Против общественников-экологов, которые несколько лет назад собрали в свинцовый контейнер обнаруженные ими в пойме Енисея высоко радиоактивные «горячие» частицы* и пытались сдать их для захоронения на местный комбинат «Радон», краевой прокуратурой было заведено уголовное дело по статье «незаконное обращение с радиоактивными материалами» (статья 220 УК РФ «Незаконное обращение с радиоактивными материалами»)**.

Огромной экологической проблемой ГХК является хранение образовавшихся при химическом выделении плутония из облучённого в реакторах урана радиоактивных отходов. Большая часть жидких РАО закачена для подземного захоронения в геологические пласты на полигоне «Северный» (рис. 16) — в нескольких километрах от ГХК, часть хранится в открытых прудах и специальных стальных ёмкостях***.

Наивные расчёты на то, что закаченные через 11 скважин на глубины в интервале 150-500 м радиоактивные отходы (в том числе плутоний-239, нептуний-237, америций-241, торий-232, цезий-137, рутений-106, ниобий-95, цирконий-95, стронций-90, кобальт-60, европий-152, 154) будут надёжно навечно изолированы, не оправдались. Атомщики исходили из фантастического предположения, что именно эта часть подземного пространства надёжно гидрологически изолирована от ниже- и вышележащих горизонтов и от дневной

* «Горячие» частицы — мельчайшие (порядка менее 40 мкм) частицы атомного топлива или бомбы, с очень высокой удельной радиоактивностью (порядка 10 кБк), сложным радионуклидным составом. С пылью и каплями воды могут переноситься на тысячи километров от места аварии. При попадании внутрь организма с пищей, водой и воздухом, такие частицы обеспечивают получение высоких доз облучения даже если человек находится на незагрязнённой радионуклидами территории. См. также: Хижняк В., Михеев В. И снова о «горячих» частицах на берегах Енисея... (<http://nuclearno.ru/text.asp?11427>). — Прим. ред.

** См. подробнее: «Дело о «горячих» частицах» на сайте Гражданского центра ядерного нераспространения <http://nuclearno.ru/tema.asp?tema=hot>. — Прим. ред.

*** См. подробнее: ГХК: независимый взгляд. Гл. Полигон «Северный» (<http://nuclearno.ru/text.asp?330>). — Прим. ред.

поверхности водоупорными породами*. В результате миграции с подземными водами, радиоактивные отходы подвигаются всё ближе и ближе к реке Большой Тель (притоку Енисея), и через несколько лет возможен их выход в открытую гидросистему.

Жидкие РАО находятся также в огромных ёмкостях из нержавеющей стали и в открытых прудах-отстойниках в непосредственной близости от Енисея. Эти пруды опасны в ближайшем будущем для Енисея, но уже сейчас — опасны как источники постоянного радиоактивного загрязнения окружающей местности в результате испарений и разноса радионуклидов птицами и насекомыми. Опасны и ёмкости — никакие стальные стенки не могут обеспечить длительное безопасное хранение высокоактивных отходов.

Среди крупных экологических проблем ГХК — длительное хранение в бассейнах выдержки облучённых блоков, ранее предназначавшихся для выделения плутония (таких накопилось уже более 30 тыс.). Их оболочки не рассчитаны на длительное хранение и подвержены коррозии, в результате чего вода в бассейне выдержки может превратиться в жидкие радиоактивные отходы. Экологически опасно и хранение во временных хранилищах плутония не нужного теперь для производства атомного оружия.

Общая активность радиоактивных отходов ГХК превышает миллиард кюри — 50 «чернобылей». Из них в прудах-отстойниках и стальных ёмкостях — более 100 млн Ки.

Огромную радиационную опасность представляет также «мокрое» хранилище отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) от АЭС с реакторами ВВЭР-1000, функционирующее с 1985 г. и заполненное уже более чем наполовину. Сейчас здесь под слоем дистиллированной воды в несколько метров хранится около 40 тыс. т ОЯТ из России, Украины, Болгарии. Каждый год в хранилище добавляется около 200 т ОЯТ, доставляемых неприметными на первый взгляд железнодорожными составами, в 100-тонных вагонах которых располагаются контейнеры с ТВС (активность радионуклидов в каждом таком контейнере составляет миллионы кюри).

Атомщики вынашивают планы существенно расширить это хранилище — как за счёт уплотнённого расположения ТВС в бассейне, так и за счёт строительства нового сухого хранилища. На протяжении многих лет они планируют строительство на ГХК завода по регенерации ОЯТ (РТ-2), который мог бы принимать, хранить и перерабатывать ОЯТ для получения смешанного уран-плутониевого топлива (МОКС-топлива) и регенерированного урана. Переработка ОЯТ связана с выделением огромного количества жидких, твёрдых и газообразных радиоактивных отходов, способов безопасного обращения (захоронения) которых, как было показано в гл. 5, не найдено нигде в мире.

В 1989 г. Минатом прекратил сооружение завода РТ-2 из-за активных протестов населения края. Через 6 лет, в 1995 г. атомщики добились постановления Правительства РФ о возобновлении работ. Это постановление не было выполнено из-за отсутствия у Минатома средств (требуется порядка 4 млрд долл.). Через два года, в 1997 г. более 100 тыс. красноярцев поддержали инициативу организации референдума против строительства завода РТ-2. Но проведение референдума было запрещено под предлогом того, что вопросы ядерной энергетики и расщепляющихся материалов находятся в исключительном ведении Российской Федерации (статья 71 Конституции РФ). Это, конечно, было отговоркой, так как вопросы обеспечения экологической безопасности, охраны окружающей среды и пользования землёй, недрами, водными и другими природными ресурсами находятся в совместном ведении РФ и субъекта Федерации (статья 72 Конституции РФ).

* Атомщики вообще очень вольно обращаются с геологической информацией. Они говорят о том, что именно вблизи источника радиоактивного загрязнения и находятся уникальные, замечательные геологические образования, способные навечно удерживать закачиваемые туда радионуклиды. А когда оказывается, что это не так (как было и в Северске под Томском, и в Димитровграде), то что-то не слышно их покаяния и самокритики.

После принятия в 2000 г. закона, разрешающего ввоз в страну ОЯТ иностранного происхождения*, атомщики рассчитывали получить миллиарды долларов от других стран за передаваемое в Россию на вечное хранение ОЯТ, этого радиационно опасного проклятья атомной энергетики. Эти расчёты не оправдались — до сих пор ни одна тонна иностранного ОЯТ (кроме стран, АЭС которых строил СССР и которые поэтому имели право направлять своё ОЯТ в Россию) так и не поступила на территорию страны.

В 2006 г., пользуясь тем, что у Правительства появилось много денег из-за высоких цен на нефть, атомщики пролоббировали очередное решение Правительства РФ о строительстве РТ-2. В условиях резкого и направленного ослабления экологического законодательства за последние годы (практически уничтожен институт экологической экспертизы и т.д.) и резкого усиления федеральной «вертикали» власти такое строительство становится более реальным. Впрочем, не исключено, что финансово-экономический кризис, начавшийся в 2008 г., создаст паузу в выполнении и этого постановления. После такой паузы, можно надеяться, федеральные власти одумаются и откажутся от выполнения этого экономически ущербного и экологически опасного для России плана и, как это давно сделано в США, откажутся от переработки ОЯТ. Создание так называемого «замкнутого цикла», о котором постоянно мечтательно говорят и пишут атомщики, в реальности не может быть осуществлено не только по экологическим, но и по технологическим соображениям.

Электрохимический завод (Зеленогорск, бывший Красноярск-45)

С 1962 по 1988 г. на берегу реки Кан в до сих пор «закрытом» городе Зеленогорске на Электрохимическом заводе Росатома производился высокообогащённый по изотопу уран-235 (оружейный) уран. С 1988 г. производственные мощности работают в противоположном направлении — из оружейного урана производится низкообогащённый уран для использования в виде топлива АЭС. Для этого оксид высокообогащённого урана переводится в обогащённый гексафторид (UF_6), затем с помощью газовых центрифуг содержание изотопа уран-235 снижается до 5%.

Жидкие РАО сливаются в два открытых бассейна, в которых к 1995 г. их накопилось около 30 тыс. м³ и которые, в общей сложности, содержали около 2 т урана. На заводе имеется временное хранилище высокообогащённого урана.

Нетрудно догадаться, что за 26 лет работы через центрифугу завода прошли многие тысячи тонн урана, которые не могли не оставить следы в окружающей среде. Отсутствие данных, связанных с этим загрязнением, не означает отсутствия самого загрязнения. Не могло быть безотходным и производство различных изотопов для нужд медицины и промышленности, развёрнутое на заводе начиная с 1971 г.

Ангарский электролизный химический комбинат

Ангарский электролизный химический комбинат (АЭХК) создан в 1954 г. как один из четырёх советских центров по производству урана для создания советского «ядерного щита». С самого начала АЭХК был задуман как центр по производству низкообо-

* В России было собрано более 2,5 млн подписей для проведения всероссийского референдума об отмене этого закона. Однако Центральная избирательная комиссия заявила, что среди собранных подписей достоверных немного не хватает до 2 млн (необходимых для организации референдума), и отказала инициативной группе в проведении такого референдума. Вслед за этим был изменён и сам закон о референдуме таким образом, что сбор нужного числа подписей для инициации проведения общероссийского и регионального (субъекта Федерации) стал практически невозможным.

гащённого (до 5%) урана. На АЭХК нет атомных реакторов. В состав АЭХК входят два взаимосвязанных производства: химический завод (производство фтора; безводного фтористого водорода и конверсия урана — перевод его в форму гексафторида урана) и электролизный завод (разделение изотопов урана и увеличение концентрации изотопа уран-235 в гексафториде урана). В 1980-е гг. АЭХК был крупнейшим в мире производителем гексафторида урана (табл. 15).

Весь производственный процесс по обогащению включает несколько стадий (рис. 17).

АЭХК получает концентрат природного урана в виде закиси-оксида (U_3O_8), в котором содержание делящегося изотопа урана-235 составляет около 0,7%. В процессе обогащения содержание возрастает до 3-5%, и такой уран становится пригодным как для изготовления из него топлива для АЭС, так и для последующего более высокого обогащения.

Низкообогащённый гексафторид урана (ГФУ) — свою основную продукцию — АЭХК отправляет на Машиностроительный завод в г. Электросталь (Московская область) и на Ульбинский металлургический завод (Казахстан). В период «холодной войны» и массового производства ядерного оружия продукция АЭХК направлялась и на другие заводы отрасли для дальнейшего обогащения и производства оружейного урана.

Поскольку АЭХК удалён как от месторождений урана, так и от других предприятий ЯТЦ, сырьё и готовая продукция транспортируются по Транссибирской железной дороге. Транспортировка гексафторида урана создаёт серьёзные дополнительные риски для населения и окружающей среды.

После обогащения остаётся обеднённый по изотопу U-235 («отвалный» ГФУ — ОГФУ). Он переводится в твёрдое состояние для дальнейшего хранения. На открытых площадках, занимающих значительную часть территории комбината, в стальных ёмкостях-цистернах объёмом 2,5 м³ много лет хранится огромное количество конденсата ОГФУ, накопленного за более чем полувековую работу завода. Каждая такая цистерна содержит около 11 т ОГФУ.

При механическом повреждении ёмкости с ОГФУ из-за коррозии или в результате террористического акта может произойти не только радиационное, но и химическое (фтористым водородом) загрязнение значительной территории. Поэтому в дополнение к обычным экологическим проблемам атомной индустрии (обращение с твёрдыми, жидкими и газообразными радиоактивными отходами) на АЭХК грозно стоит и проблема химической опасности, связанной с соединениями фтора.

Таблица 15

Место и доля АЭХК в российском ядерном топливном цикле и в мировой схеме атомной энергетики

Этап ЯТЦ	Российский ЯТЦ	Мировое производство
Обогащение урана	10%	4%
Конверсия урана	73%	23%

Из доклада на общественных слушаниях по вопросу создания комплекса разделительного производства ЗАО «Центр по обогащению урана» (4 июня 2009 г., Ангарск)

Рисунок 17

Схема производства АЭХК



АЭХК. Отчёт по экологической безопасности за 2007 год. М., 2008 (<http://www.aecc.ru/news/ereport2007.pdf>)

Специалисты говорят: гексафторид урана опасен!

Очевидно, что внезапный выброс большого количества гексафторида урана, если он будет подхвачен ветром, может привести к большому количеству жертв. Теоретически, при определенных погодных условиях смертельные концентрации могут установиться в радиусе 20 миль (32 км) от места выброса.

А. Price, сотрудник Британской атомной компании BNFL (1978)

Аварии при транспортировке, при которых может возникнуть пожар, рассматриваются как потенциально приводящие к серьезным последствиям. Такие аварии могут привести к выбросу большого количества гексафторида урана — за сравнительно короткий период времени. Крупный выброс гексафторида урана может стать причиной опасных концентраций урана и плавиковой кислоты, и также может привести к загрязнению территории в несколько квадратных километров.

Международное агентство по атомной энергии — МАГАТЭ (1990)

Урановый рудный концентрат, гексафторид урана (ГФУ) и низкообогащенный порошок двуокиси урана (UO_2) — материалы с низкой радиоактивностью, не представляющей большой радиологической угрозы. Хотя ГФУ является материалом с низкой удельной активностью, может иметься химическая угроза в случае его высвобождения в связи с образованием токсичных побочных продуктов в реакции с влажным воздухом. Обогащенный ГФУ и UO_2 способны к делению, поэтому с ними потенциально связан риск достижения критичности.

Т. Диксон, консультант Всемирного института транспортировки ядерных материалов — WINTI (2007)

Проблема транспортировки гексафторида урана (UF_6) и других радиоактивных материалов непосредственно касается большого количества людей... По консервативным расчётам, максимально заполненный (2,3 т) цилиндр 30В с 3%-м обогащенным UF_6 содержит количество U-235 эквивалентное, по меньшей мере, двум атомным бомбам, каждая с разрушающей способностью больше, чем у бомбы, сброшенной на Хиросиму.

... Всё содержимое полного цилиндра с UF_6 может вытечь и испариться в течение минут... Высвобождение только небольшого количества из транспортных цилиндров с UF_6 приведёт к большому количеству урана и плавиковой кислоты (HF) в непосредственной близости, в концентрациях, сильно превосходящих уровни опасные для здоровья (химически и радиологически).

Непосредственная кратковременная опасность UF_6 для здоровья связана с крайней химической токсичностью плавиковой кислоты, которая образуется при контакте UF_6 с влагой воздуха. Фторид уранила (UO_2F_2), также образующийся при контакте UF_6 с воздухом, является одним из соединений урана, наиболее легко усваиваемым кровью, и таким образом, одним из самых опасных.

... Большинство цилиндров, используемых для транспортировки UF_6 , прочно изготовлены, однако ни один не был сконструирован или протестирован на то, чтобы выдерживать давление и температуры, возможные при реальных транспортных инцидентах...

Взрыв цилиндра с NUF_6^* в январе 1986 г. в Гор, шт. Оклахома, США на обогатительном заводе привёл к смерти одного рабочего, воздействию токсичного облака на более чем 100 человек, временной госпитализации 32 человек и загрязнению подветренной территории ураном и фтором на расстоянии как минимум в 18 км.

... В июле 1977 г. взрыв цилиндра на заводе «Comurhex» во Франции привёл к выбросу в окружающую среду почти 9 тыс. кг UF_6 ... плавиковая кислота и урановое загрязнение обнаруживались на расстоянии примерно в километре от места взрыва.

По материалам Шведского университета сельскохозяйственных наук (SLU) в Упсале

Размещено на сайте «Беллоны», 20 октября 2007 г. (<http://www.bellona.ru/Casefiles/1192827120.08>)

* NUF_6 (natural assay) — ГФУ с природным содержанием урана-235 (0,711%). — Прим. ред.

Прошлая секретность не позволяет объективно выяснить степень опасности хранения контейнеров с ОГФУ на площадке АЭХК — то, что в открытой печати не сообщалось о разгерметизации контейнеров на площадках хранения, вовсе не значит, что таких утечек гексафторида не было. Конечно, были и наверняка с неприятными последствиями. На меньших по размерам предприятиях за рубежом такие аварии случались. Там считается, что при разгерметизации ёмкости с ОГФУ смертельно опасное загрязнение может охватить территорию радиусом в первые сотни метров, а просто опасное — радиусом более километра (см. гл. 1).

В нормативных документах АЭХК границы санитарно-защитной зоны совпадают с периметром территории комбината. В отчёте по результатам экологического аудита АЭХК, проведённого в 2007 г. Лимнологическим институтом РАН, и который является одним из самых последних доступных документов по экологическим проблемам

Площадка с ОГФУ на АЭХК



Отчёт по экологической безопасности АЭХК за 2007 год
(<http://www.aecc.ru/news/ereport2007.pdf>)

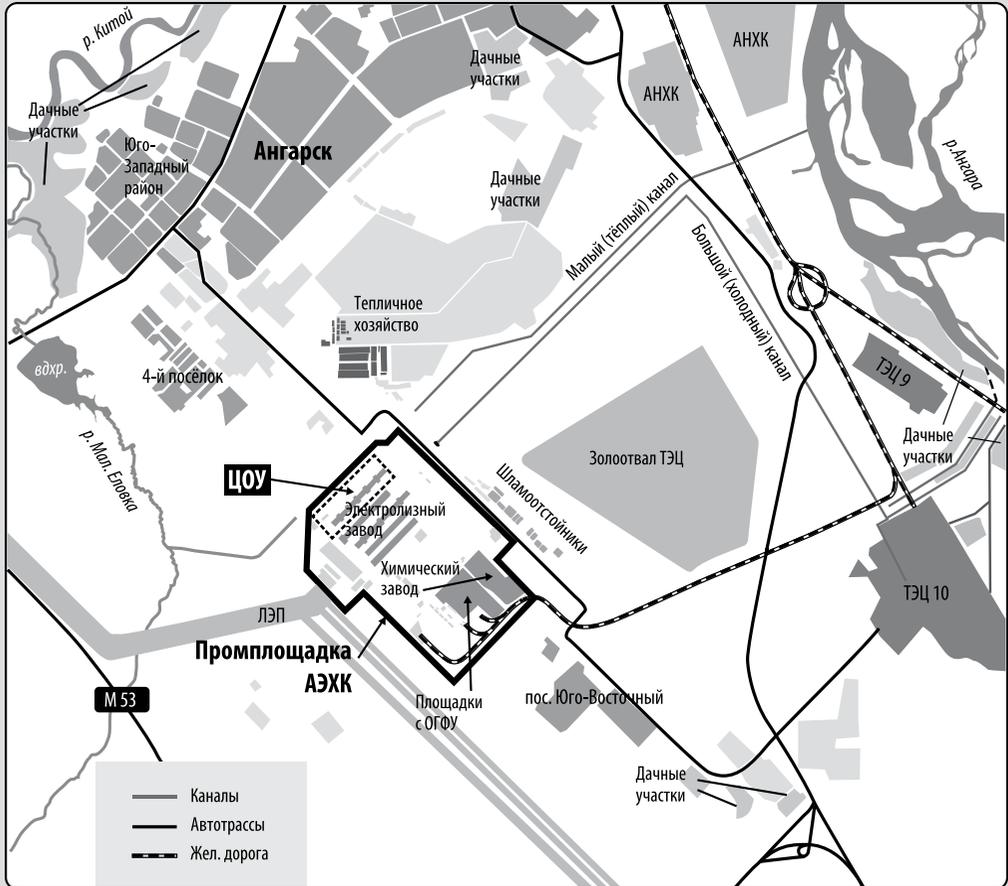
АЭХК, отмечено, что «зона заражения» аварийным выбросом фтористого водорода (плавиковая кислота) может составить 1100 м (с. 150), и она «расположена в пределах промзоны». Взгляд на АЭХК сверху (см. схему на с. 84) заставляет поставить под сомнение этот вывод. Если считать 1100 м от границы площадки хранения контейнеров с ОГФУ, то тут больше подходит другая информация из того же отчёта (с. 220) — о том, что на комбинате разработан «План защиты персонала комбината и населения близлежащих жилых районов при авариях на производстве, связанных с выбросом (выливом) аварийно-химически опасных, радиоактивных веществ и делящихся материалов» (фтористый водород, аммиак, серная кислота, фтор и гексафторид урана).

До 1991 г. обогащение гексафторида урана по изотопу U-235 производилось на основе газодиффузной технологии, в настоящее время — на газовых центрифугах центрифужным методом. Концентрация урана-235 в ОГФУ, оставшемся после обогащения по старой газодиффузной технологии, составляет 0,4-0,5%. Центрифужная технология позволяет до-извлекать из этих отходов уран-235 до концентрации 0,1-0,2% во вторичных «хвостах». Это даёт возможность АЭХК не только постепенно перерабатывать свои собственные завалы ОГФУ, но и принимать на переработку западноевропейские урановые «хвосты» (см. гл. 1). После такой вторичной переработки полученный продукт — главным образом, материал, эквивалентный природному урану, — посылают назад «заказчику», а вторичные «хвосты» остаются в России — отправляются на долговременное хранение, с неясной перспективой.

По неподтверждённым официально данным, начиная с 1996 г. АЭХК принимал ежегодно для до-обогащения от 130 до 290 т западноевропейского ОГФУ по контрактам с голландско-немецко-британской компанией «Urenco» и французской «Eurodif». Эта практика являлась завуалированной формой ввоза иностранных радиоактивных отходов на хранение (что запрещено законодательством). Руководство «Росатома» в последнее время неоднократно заявляло, что контракт с «Urenco» кончается в 2009 г., а с «Eurodif» — в 2010 г., и продлеваться они не будут (см. гл. 1).

Как уже отмечено в гл. 1, планы Росатома на использование ОГФУ в качестве энергетического сырья не реальны. Это означает, что перед АЭХК стоит не только про-

Схема промплощадки Ангарского электролизного химического комбината и прилегающих окрестностей



На основе: Карты АЭХК (<http://www.baikalwave.eu.org/projects/aehc/aehc.html>); Отчёт «Проведение экологического аудита ФГУП «АЭХК». Иркутск, 2007; космоснимки Google.

Ангарский электролизный химический комбинат производит из закиси-оксида урана (U_3O_8) или тетраоксида урана (UF_4) обогащённый по изотопу уран-235 гексафторид урана (UF_6) — исходное вещество для производства ядерного топлива. (С 1957 г. до середины 1980-х гг. АЭХК поставлял ГФУ для оборонных целей и участвовал в создании ядерного «щита» СССР.)

На химическом (сублиматном) заводе в результате взаимодействия фтористого кальция (флюорит) с серной кислотой получают фтористый водород ($CaF_2 + H_2SO_4 = HF + CaSO_4$). Сульфат кальция (гипс или ангидрит) вместе с остатками флюорита после отбора HF нейтрализуют гидроокисью кальция («известковым молоком» — раствор $Ca(OH)_2$) и полученный осадок направляют в золоотвал ТЭЦ, где пульпа смешивается с золой от сжигания угля и оседает на дно.

В результате электролиза фтористого водорода получают фтор (F_2), водород (H_2) выбрасывается в атмосферу.

Далее урановый порошок (U_3O_8 или UF_4) сжигают в плазменном реакторе в факеле фтора, получая гексафторид урана (ГФУ).

На обогатительном производстве (сначала четыре, а с 2005 г. пять корпусов электролизного завода) в газовых центрифугах, объединённых в многоступенчатые каскады, происходит разделение изотопов урана с образованием обеднённого и обогащённого гексафторида урана.

Обеднённый по изотопу уран-235 гексафторид урана (ОГФУ) в больших количествах хранится в стальных контейнерах на открытой площадке, представляя потенциальную опасность в случае их аварийной разгерметизации.

На базе АЭХК Росатом уже несколько лет проводит эксперименты по переводу ОГФУ в форму тетрафторида урана на установке «Кедр». Во Франции и на Электрохимическом заводе в Зеленогорске (Красноярский край) ГФУ для безопасного хранения переводится в форму закиси-окси.

После перехода в 1991 г. на новую газоцентрифужную технологию высвобожденное газодиффузное оборудование после дезактивации было подвергнуто пирометаллургической переплавке. Остаточные шлаки (более 900 т), являющиеся среднеактивными РАО и ранее хранящиеся на временных площадках, захоронены в приповерхностном хранилище на промплощадке (в 4 траншеях из 24 глубиной 5 м). Хранилище для твёрдых РАО рассчитано на 20 лет эксплуатации.

В шламоотстойники помещается слаборadioактивная пульпа, образующаяся от нейтрализации «известковым молоком» оборотных вод, используемых для очищения от урана производственных стоков и аэропромвыбросов.

Обогащение урана требует большого расхода воды для охлаждения оборудования и колоссального количества электроэнергии. Обилие холодной байкальской воды и дешёвая, в больших объёмах электроэнергия проектируемого каскада ГЭС на Ангаре когда-то определили выбор площадки для Ангарского комбината.

Из Ангары по Большому («холодному») каналу производится забор воды для охлаждения разделительного каскада центрифуг. Сточные воды комбината сбрасываются в реки Ода, Малая Еловка и по Малому («тёплому») каналу в Ангару. Температура сбрасываемой воды достигает 21 °С. Объём потребляемой воды сократился почти в 11 раз после перехода на центрифужную технологию и составляет сегодня 64 млн м³ в год.

Электроэнергию (сегодня 0,3 млрд кВт·ч) АЭХК получает от Братской ГЭС по специальной ЛЭП и от ТЭЦ-10 (когда-то самая мощная в стране — 1,15 млрд кВт). С переходом на центрифужную технологию потребление электроэнергии снизилось к 1994 г. в 36 раз*, резко сократив использование мощностей ТЭЦ-10.

На базе АЭХК основаны две компании — совместное российско-казахстанское предприятие

ЗАО «Центр по обогащению урана» (октябрь 2006 г.) и ОАО «Международный центр по обогащению урана» (май 2007 г.).

ЦОУ — коммерческий проект Росатома. Создан для строительства новых мощностей по обогащению урана, которые планируется разместить в законсервированном корпусе АЭХК, где ранее осуществлялось обогащение урана диффузионным методом.

Вокруг комбината, как радиационно-опасного объекта, с начала работы предприятия были выделены санитарно-защитная зона (СЗЗ) и зона наблюдения (ЗН).

По решению первого директора В. Новокшённова СЗЗ АЭХК была установлена радиусом в 3 км и включала пос. Юго-Восточный. В 1998 г. Государственным сибирским проектно-исследовательским институтом «Оргстройпроект» разработан проект новой СЗЗ комбината с существенным сокращением её границ до границ запретной зоны промплощадки (0,5–1,5 км), который получил положительное заключение Федерального управления Медбиоэкстрем при Минздраве России и был утверждён Постановлением мэра Ангарского муниципального образования (№ 32 от 08.10.1998 г.).

ЗН представляла территорию радиусом 5–7 км от источника выброса центральной системы газовой очистки химического завода и включала Юго-Западный район Ангарска. В 2000 г. в соответствии с новыми «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99) АЭХК был отнесён Медбиоэкстремом ко 2-й категории опасности (всего четыре категории; к 1-й категории относятся предприятия с атомными реакторами), при которой установление зоны наблюдения не требуется, и с апреля 2001 г. ЗН у комбината отсутствует.

Юго-Западный район — жилой городок для работников комбината, престижный район Ангарска.

По материалам: Отчёт «Проведение экологического аудита ФГУП “АЭХК”» (Иркутск, 2007); АЭХК. Отчёт по экологической безопасности за 2007 год. М., 2008 (<http://www.aecc.ru/news/ereport2007.pdf>); официальные сайты Росатома (www.rosatom.ru) и АЭХК (www.aecc.ru)

* Попутно отмечу, что, по некоторым данным, при газодиффузионной технологии АЭХК потреблял до 4% электроэнергии всего СССР — львиную долю энергии Братской ГЭС. Даже теперь, несмотря на переход на более энергоэкономный метод обогащения, когда потребление энергии снизилось более чем в 20 раз, АЭХК остаётся одним из крупнейших потребителей электроэнергии в России.

блема безопасного хранения, но и проблема безопасного захоронения многолетних продуктов своей деятельности. В принятой в 2001 г. Минатомом «Концепции обращения с обеднённым гексафторидом урана (ОГФУ)» определено, что «обоснование длительного безопасного хранения ОГФУ в стальных ёмкостях является основной задачей обращения с ОГФУ в ближайшие десятилетия на предприятиях отрасли». Даже если будут реализованы в срок (к 2011 г.) планы Росатома по созданию на АЭХК установки «Кедр» по переводу гексафторида урана в безопасную форму (см. Гл. 1), количество уже хранящегося ОГФУ и планы Росатома по увеличению в несколько раз обогатительного производства в Ангарске не оставляют места для надежд об уменьшении угрозы Ангарску от АЭХК.

Глава Росатома С. Кириенко во время визита на АЭХК в июне 2007 г. заявил, что развитие и модернизация Ангарского комбината будут сопровождаться созданием на базе АЭХК Международного центра по обогащению урана (МЦОУ) и созданием совместного российско-казахстанского предприятия по добыче урана в Казахстане и обогащению его на АЭХК (Центр по обогащению урана — ЦОУ). Когда центры начнут работу (за счёт обогатительных мощностей, простаивающих, по-видимому, без дела после сокращения производства обогатённого урана для ядерно-оружейной программы), количество отвального гексафторида будет быстро расти, и проблема его безопасного хранения станет ещё острее.

2,6 – 4,2 – 9,2 миллионов ЕРР: планов громадье!

... Мощность АЭХК Росатом планирует увеличить до 4,2 млн единиц разделения. Кроме того, на комбинате в рамках работы совместного предприятия России и Казахстана по добыче и обогащению урана (ЦОУ) планируется построить новое производство мощностью 5 млн единиц разделения. ... Сейчас мощность АЭХК составляет 2,6 млн единиц разделения.

ИА REGNUM, 22 июня 2007 г. (<http://www.regnum.ru/news/846966.html>)



Из доклада на общественных слушаниях по вопросу создания комплекса разделительного производства ЗАО «Центр по обогащению урана» (4 июня 2009 г., Ангарск)

ЦОУ — не единственный международный проект в сфере обогащения урана, реализуемый на базе АЭХК. Весной 2007 г. было подписано двустороннее межправительственное соглашение о создании в Ангарске Международного центра по обогащению урана (МЦОУ), который должен стать гарантией доступа любого государства к ядерным материалам для гражданских нужд при сохранении режима нераспространения.

ЗАО «ЦОУ», в отличие от международного центра, имеет исключительно коммерческую цель и предполагает создание нового производства, тогда как МЦОУ — в большей сте-

пени политический инструмент, основой которого является склад с низкообогащённым ураном, произведённым на действующих мощностях АЭХК.

*Интерфакс-Казахстан, 25 декабря 2008 г.
(http://www.interfax.kz/?lang=rus&int_id=atom_prom&function=view&news_id=387)*

Росатом строит в Ангарске (Иркутская область) Международный ядерный центр по обогащению урана на базе Ангарского электролизного химкомбината. Проект создания такого центра был озвучен президентом Путиным ещё в 2005 г. Его суть сводится к созданию международного предприятия по обогащению урана для нужд атомной энергетики любой из стран мира. Государство, пожелавшее построить у себя атомную электростанцию, будет обращаться в центр с заявкой на поставку уранового топлива. Оно будет производиться либо из урановой руды страны-заказчика, либо из руды сторонних государств.

Новости NEWSRu.com, 16 апреля 2008 г. (<http://www.newsru.com/world/16apr2008/japatom.html>)

Кроме того, если раньше продукция АЭХК — ядерно-, радиационно- и химически-опасный обогащённый гексафторид — быстро вывозилась с комбината, то по концепции, положенной в основу создания МЦОУ с банком ядерного топлива, в этом центре всегда должен быть запас обогащённого урана, эквивалентный двум полным загрузкам реактора мощностью 1000 МВт. Поскольку загрузка такого реактора составляет около 30 т урана, то получается, что на промплощадке АЭХК будет находиться не менее 100 т обогащённого гексафторида урана.

Корреспондент британской компании спросила, представляет ли опасность запас низкообогащённого урана, который планируется создать при МЦОУ. Как подчеркнул генеральный директор АЭХК, осуществлять контроль за проектом будет Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). Уран станут получать только страны, стремящиеся развивать атомную энергетику и обязующиеся выполнять режим нераспространения ядерного оружия. МЦОУ со своей стороны гарантирует стабильность поставок, МАГАТЭ — строгий учёт и контроль за движением ядерного материала.

Агентство «Телеинформ», 31 марта 2008 г. (<http://www.i38.ru/?doc=1892>)

Опыт создания атомного оружия в ЮАР, Израиле, Северной Корее в обход «строго учёта и контроля» МАГАТЭ делает это высказывание директора АЭХК либо наивным, либо циничным.

По сообщениям печати, интерес к развиваемым в Ангарске проектам, помимо Казахстана, проявили Украина, Армения, Индия и даже Япония.

Из Заявления общественных организаций о последствиях соглашения Россия–Япония о ядерном сотрудничестве

Япония и Россия в течение нескольких лет вели переговоры о возможности отправлять уран, выделенный из японского отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) на предприятиях Франции и Великобритании, в Россию. ...

Российское урановое предприятие в Ангарске Иркутской области, на базе которого создан Международный Центр по Обогащению Урана (МЦОУ), может стать основным партнёром для сотрудничества с Японией. ... Уран, выделенный из японского ОЯТ, будет необходимо доставить за 10 тыс. км в Ангарск. ...

Обогащение урана и производство ядерного топлива приводят к образованию огромного количества радиоактивных отходов, включая обеднённый уран, который необходимо надёжно изолировать от людей и окружающей среды.

В Ангарске уже хранится свыше 100 000 т радиоактивных отходов. Российская атомная промышленность не имеет реалистичного плана по утилизации этих отходов. Они

хранятся под открытым небом в контейнерах, подверженных коррозии, что сопровождается риском разгерметизации и выхода радиоактивных веществ в окружающую среду.

Радиоактивные утечки приведут к загрязнению территории вокруг Ангарска и Иркутска, а также могут оказать разрушающее влияние на экосистему вокруг озера Байкал — крупнейшего хранилища питьевой воды на Земле.

...Отправка японского урана в Россию может подорвать режим ядерного нераспространения. Нет никаких гарантий того, что поступивший в Ангарск японский уран не попадёт затем в Иран или какую-то другую страну, подозреваемую в разработке ядерного оружия.

Местные жители активно выступают против МЦОУ и новых контрактов на обогащение или до-обогащение урана, ведущих к увеличению количества радиоактивных отходов в Ангарске. Япония и Россия должны следовать демократическим ценностям и уважать мнение местных жителей.

Москва–Токио–Киото, 11 мая 2009 г. (<http://antiatom.ru/ab/node/1072>)

Атомщики называют АЭХК одним из самых современных и экологически чистых предприятий ядерного топливного цикла в России. Нет сомнения, что на АЭХК делается, действительно, очень многое для решения экологических проблем. Может быть, больше, чем на других предприятиях ЯТЦ в России. Однако сравнивать АЭХК с другими предприятиями Ангарска по величине валовых выбросов, что делается для доказательства экологической чистоты комбината, некорректно. Если иметь в виду экологические риски, то некорректно сравнивать выбросы урана из труб угольной ТЭЦ Ангарска с выбросами урана с промплощадки АЭХК или общие выбросы загрязняющих веществ с выбросами Ангарской птицефабрики.

Загрязнение окружающей среды от АЭХК ничтожно?

По словам руководителя Сибирского межрегионального территориального управления по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Владимира Прилепских, в год объём выбросов в атмосферу урана у АЭХК составляет не более 16 кг, тогда как каждая из ангарских ТЭЦ выбрасывает ежегодно около тонны этого вещества.

Агентство «Телеинформ», 18.12.2008 (<http://www.i38.ru/?doc=7277>)

Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) АЭХК в атмосферу составляют порядка 150 т в год, что составляет 0,11% от общего суммарного выброса всех промпредприятий Ангарска (на уровне Ангарской птицефабрики), и фактические объёмы выбросов существенно ниже установленных пределов. Сбросы ЗВ в гидросеть составляют порядка 70 т в год, что значительно ниже установленного норматива. Радиационная обстановка на производстве, в пределах СЗЗ, и на территории города Ангарск стабильная, удовлетворительная и соответствует всем требованиям санитарных норм и правил.

ЗАО «ЦОУ», в отличие от АЭХК, предполагает эксплуатировать лишь одно производство — получение низкообогащённого урана центрифужным способом. Соответственно, выбросы и сбросы ЗВ ЗАО «ЦОУ» будут значительно меньше, чем от АЭХК.

Из доклада на общественных слушаниях по вопросу создания комплекса разделительного производства ЗАО «Центр по обогащению урана» (4 июня 2009 г., Ангарск)

Факты — упрямая вещь. Не над птичьей фабрикой, а над АЭХК стоит столб ионизированного воздуха. Хотя общие выбросы урана с ТЭЦ много выше, в них многократно меньше самого опасного радиоактивного изотопа урана-235, а в выбросах АЭХК именно он и присутствует. На графике (рис. 18) показано содержание (плотность треков от осколков деления) урана-235 и трансурановых элементов в годовых кольцах сосен, спиленных на окраине

промплощадки комбината, в 3 км на запад, в 4 и 11 км на юго-восток от промплощадки.

Как заключает Т.А. Архангельская, «наблюдается уверенное нарастание плотности треков, начиная с конца 1970-х годов...»*. Более детальный анализ приведённых графиков приводит к следующим заключениям:

... плотность треков оказывается одинаковой и на промплощадке, и в 11 км от неё;

... «уверенное нарастание» обнаруживается не с конца, а с середины или даже с начала 1970-х гг;

... уровень выбросов на промплощадке в 1990-1992 гг. был вдвое выше среднего уровня выбросов до 1980 г.;

... уровень выбросов на промплощадке стал резко сокращаться в период 1992-2002 гг. (это сокращение совпадает с простаиванием разделительных мощностей АЭХК после завершения оборонных программ и перед загрузкой их западно-европейскими урановыми «хвостами», см. выше), но не обнаруживает такого сокращения для остальных точек взятия проб.

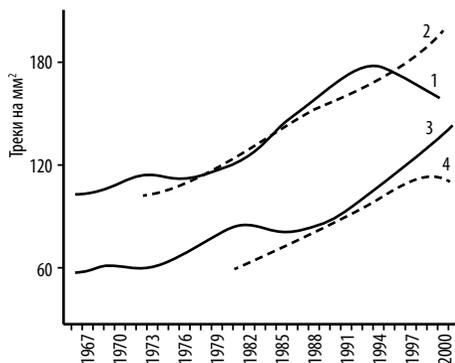
Все перечисленные факты требуют объяснения, которое отсутствует в материалах, представленных АЭХК обществу.

АЭХК загрязняет ураном не только воздух, но и грунтовые воды, куда радионуклиды поступают из шламоотстойников и с промплощадки (рис. 19). Пока допустимые концентрации урана не превышаются за пределами промплощадки, но через несколько

Рисунок 18

Обобщённые данные по плотности треков от осколков деления уран-235 и трансурановых элементов в срезах деревьев в окрестностях АЭХК

1 — промплощадка; 2 — 4 км на юго-восток;
3 — 11 км на юго-восток; 4 — 3 км на запад.

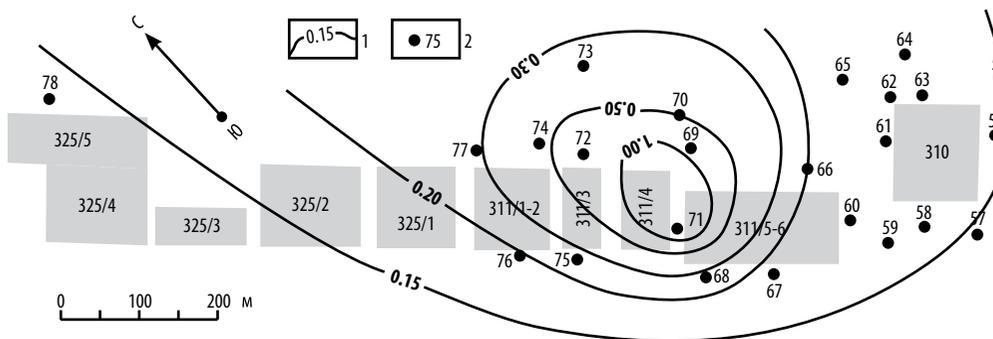


Архангельская Т.А. Радиографическое исследование срезов деревьев для ретроспективной оценки радиоэкологической ситуации. В кн.: Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Томск, 2004. С. 55–59

Рисунок 19

Концентрация урана в грунтовых водах в районе шламоотстойников АЭХК

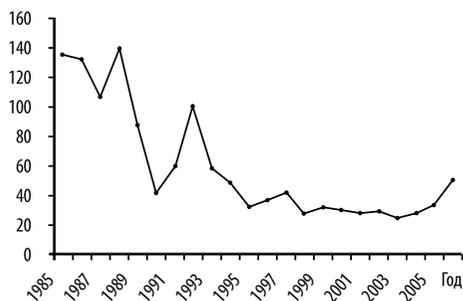
1 — изолинии величин альфа-активности, Бк/л; 2 — скважины гидрогеологического мониторинга.



Отчёт «Проведение экологического аудита ФГУП «АЭХК». Иркутск, 2007. С. 111, рис. 42.

* Архангельская Т.А. Радиографическое исследование срезов деревьев для ретроспективной оценки радиоэкологической ситуации. В кн.: Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы II Межд. конф. Томск, 2004. С. 55-59.

Рисунок 20

Суммарный выброс радиоактивных веществ ($n \times 10^7$ Бк) на АЭХК в атмосферу

Отчёт «Проведение экологического аудита ФГУП «АЭХК». Иркутск, 2007. С. 158, рис. 65.

лет (судя по характеру распространения радионуклидов) это может произойти.

Из данных, представленных АЭХК Общественному совету ГК «Росатом» в декабре 2008 г., следует (рис. 20), что общий объём радиоактивных выбросов (многократно сократившийся с конца 1980-х гг.) с 2003 г. стал расти (к 2007 г. вырос вдвое по сравнению с уровнем 2003 г.).

По этим же данным, существенно растёт, начиная с 1997 г. общий выброс загрязняющих веществ в атмосферу (рис. 21).

Данные, приведённые на рис. 20 и 21, могут означать и то, что объёмы обогащения урана на комбинате резко увеличились, и то, что заметно ухудшилась очистка выбросов, и то, что стала хуже работать система удаления выбросов.

Обращает внимание, что, несмотря на предпринимаемые меры, штатные выбросы фтора выходят далеко за границы промплощадки (рис. 22). Анализ представленных АЭХК в 2008 г. данных показывает, что до 1992 г. комбинат выбрасывал фтора до 6 кг на квадратный километр — больше, чем выбрасывает печально известный своими выбросами Иркутский алюминиевый завод в Шелехове.

Кроме того, выбрасываемые АЭХК некоторые соединения фтора, в первую очередь фреон CFC-114, образующийся в ходе конверсии природного урана в гексафторид урана, являются более сильными парниковыми газами чем углекислый газ и, в то же время, веществами, разрушающими защитный озоновый слой Земли.

Несомненно, что по суммарным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу АЭХК занимает одно из последних мест в Ангарске среди крупных предприятий. Но по выбросам альфа-активных долгоживущих радионуклидов и фтора с ним нельзя сравнить ни одно другое предприятие города.

Для выяснения вопроса о роли и месте АЭХК в загрязнении Ангарска и его окрестностей долгоживущими радиоактивными альфа-излучателями надо проанализировать побольше деревьев, растущих в разных местах города и его окрестностях, проанализи-

Рисунок 21

Динамика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на АЭХК в 1986–2007 гг.



Отчёт «Проведение экологического аудита ФГУП «АЭХК». Иркутск, 2007. С. 153, рис. 60.

ровать историю работы АЭХК. Последнее необходимо, если требуется выяснить, не было ли периодов в прошлом, когда обогащение урана производилось до более высоких уровней. Странная, на первый взгляд, тенденция снижения концентрации урана-235 в атмосфере на промплощадке (при росте этого показателя за пределами комбината) может объясняться либо установкой более высокой трубы, либо установкой более мощных вентиляторов в старую трубу, что и могло привести к эффекту большего загрязнения дальше отстоящих от источника загрязнения территорий.

АЭХК не достаточно застрахован даже от обычных природных явлений. В 2007 г. многие вздрогнули от строчки сообщения информагентств — в результате удара молнии АЭХК был на несколько часов обесточен.

От удара молнии никто не застрахован...

Урановый комбинат в Иркутской области 3,5 часа находился без электроснабжения в результате аварии, вызванной ударом молнии, сообщил в субботу РИА Новости представитель регионального управления МЧС.

По его словам, грозовым разрядом накануне в 17.08 по местному времени были повреждены основная и резервная линии электропередачи (35 кВ), питающие Ангарский электролизный химический комбинат (АЭХК), на базе которого создается Международный центр по обогащению урана. В результате обесточивания разделительного производства выпуск товарной продукции был приостановлен. Автоматическая система сбрасывания гексафторида урана (ГФУ) сработала в штатном режиме — газ был перекачен в специально предназначенные для такого случая резервные ёмкости, сказал собеседник агентства.

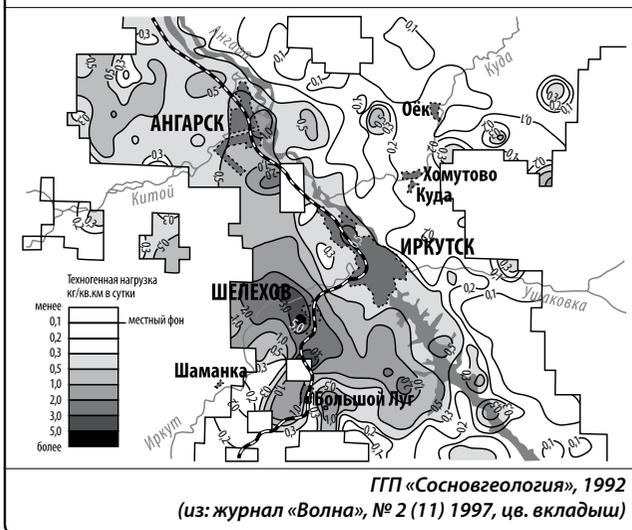
В тот же день, в 20.44 местного времени работы по восстановлению подачи промышленного напряжения были выполнены. Угрозы населению и территории нет, радиационный фон в окрестностях комбината соответствует естественным природным значениям, сообщили специалисты Росатома.

РИА Новости, 07.07.2007 (<http://www.rian.ru/incidents/20070707/68526560.html>)

Пока утверждения представителей АЭХК об экологической чистоте комбината не будут проверены с использованием современных методов исследований (в том числе по распределению альфа-радионуклидов вокруг комбината, по концентрациям радиоактивных загрязнений в донных отложениях водоёмов, с помощью радиолокаторов, фиксирующих дополнительную ионизацию воздуха), пока не будут получены четкие ответы на обнаруженные тенденции в динамике радиоактивных выбросов, пока не будут получены и проанализированы данные ЭПР-дозиметрии (по изменению кристаллических структур эмали зубов под действием радиации, сохраняющихся на всю жизнь) и по хромосомным аббера-

Рисунок 22

Концентрация фтора в окрестностях АЭХК



циям в лимфоцитах крови у жителей окрестных мест — трудно судить об экологической безопасности АЭХК. А если реализуются озвученные в феврале 2007 г. тогдашним президентом РФ В. Путиным планы о создании на базе международных центров по обогащению урана *производства по хранению и утилизации отработанного ядерного топлива* (ОЯТ)*, то ядерно-радиационная опасность Ангарского ЭХК возрастёт многократно. Впрочем, это высказывание Президента РФ решительно опровергают руководители АЭХК.

АЭХК опровергает слова президента В. Путина

Да не будет перерабатываться и храниться в Ангарске отработавшее ядерное топливо. АЭХК находится в городской черте, в пределах Байкальской природной территории. Политическая система нашего государства возможно далека от совершенства, но не до такой же степени, как кому-то хотелось бы. Что за бредовая идея — хранить отработавшее ядерное топливо в пределах городской черты и Байкальской природной территории? Ни Президент, ни Правительство, ни тем более Росатом не принимали такого решения и никогда не примут.

*С. Карчава, заместитель начальника юридического отдела ФГУП АЭХК
(http://www.aecc.ru/index.php?mod=ml&mid=31&id=582&print=1&title&title_id=)*

Кто прав — Путин или Карчава, — покажет ближайшее время.

Все объекты ядерной индустрии были созданы в годы «холодной войны» в связи с созданием «атомного щита». В годы их строительства и до начала 1990-х гг. мало кто заботился об их влиянии на окружающую среду и здоровье населения. Радиационные «вериги» холодной войны висят на каждом из них тяжким грузом.

Анализ «Концепций обращения с ОГФУ» Минатома 2001 г. и Росатома 2006 г. показывает, что хотя в период 1990-х гг. отношение атомщиков к экологическим проблемам стало на какое-то время более серьёзным, однако погоня за прибылью любой ценой грозит обернуться гораздо более тяжёлыми экологическими последствиями, чем создание атомного щита во времена гонки ядерных вооружений.

ГЛАВА 10

Атомная бомба под ногами: ядерные взрывы в Восточной Сибири

Из 85 «мирных» ядерных взрывов на территории России (см. гл. 4) 24 прогремели в 1974–1982 гг. в Восточной Сибири: 12 в Якутии, 9 в Красноярском крае, 2 в Иркутской и 1 в Забайкальском крае (табл. 16). Большинство из них (15 взрывов) было проведено с целью сейсмического зондирования земной коры (по эху от распространения подземных волн пытались определить состав земной коры для более эффективного поиска полезных ископаемых). 7 подземных взрывов были сделаны с целью интенсификации добычи нефти и газа, и один — для создания плотины водохранилища.

* Владимир Путин рассказал о сотрудничестве России и США в атомной сфере (http://www.minatom.ru/news/3645_01.02.2007).

Таблица 16

Перечень подземных ядерных взрывов на территории Восточной Сибири

	Место проведения взрыва	Дата	Глубина	Мощность, килотонн	Цель взрыва
Иркутская область:					
«Метеорит-4»	В 70 (по другим данным — 86) км к северо-востоку г. Усть-Кута	10 сентября 1977 г.	550 м (540 м*)	7,6	сейсмозондирование
«Рифт-3»	В 80 км северо-восточнее Усть-Ордынска (в долине р. Обусы в 7 км восточнее пос. Борохал)	31 июля 1982 г.	554 м (860, 960 м*)	8,5	сейсмозондирование
Забайкальский край:					
«Метеорит-5»	60 км юго-восточнее г. Хилок, на берегу р. Арей	11 августа 1977 г.	494 м (500 м*)	8,5	сейсмозондирование
Красноярский край:					
«Батолит-1»	129 км юго-восточнее пос. Байкит	1 октября 1980 г.	720 м	8	сейсмозондирование
«Горизонт-3»	Около 80 км северо-восточнее Норильска (оз. Лама, мыс Тонкий)	29 сентября 1975 г.	834 м	7,6	сейсмозондирование
«Кимберлит-3»	Около 40 км юго-западнее пос. Тура	6 сентября 1979 г.	599 м	8,5	сейсмозондирование
«Кратон-2»	95 км юго-западнее Игарки	21 сентября 1978 г.	886 м (800 м*)	15	сейсмозондирование
«Метеорит-2»	Около 80 км северо-восточнее Норильска (оз. Лама, мыс Тонкий)	26 июля 1977 г.	850 м (880 м*)	15	сейсмозондирование
«Метеорит-3»	Около 40 км юго-западнее пос. Тура	21 августа 1977 г.	600 м	8,5	сейсмозондирование
«Рифт-1»	190 км западнее Дудинки	4 октября 1982 г.		16	сейсмозондирование
«Рифт-4»	30 км юго-восточнее пос. Ногинск	25 сентября 1982 г.	554 м	8,5	сейсмозондирование
«Шпат-2»	140 км западнее пос. Тура	22 октября 1981 г.	581 м	до 8,5	сейсмозондирование
Якутия:					
«Вятка»	120 км юго-западнее Мирного, на Средне-Ботубинском нефтяном месторождении	8 октября 1978 г.	1545 м	15	интенсификация добычи нефти и газа
«Горизонт-4»	120 км юго-западнее Тикси	12 августа 1975 г.	496 м	7,6	сейсмозондирование

«Кимберлит-4»	130 км юго-западнее Верхне-Вилуйска	12 августа 1979 г.	982 м	8,5	сейсмозондирование
«Кратон-3»	50 км восточнее пос. Айхал	24 августа 1978 г.	577 м (525 м*)	22 (19)*	сейсмозондирование
«Кратон-4»	90 км северо-западнее пос. Сангар	9 августа 1978 г.	567 м (560 м*)	22	сейсмозондирование
«Кристалл»	В 2 км от пос. Удачный-2	2 октября 1974 г.	98 м	1,7	создание плотин для горно-обогатительного комбината
«Нева-1»	Около 100 км западнее Мирного, на Средне-Ботуобинском нефтяном месторождении	10 октября 1982 г.	1502 м	15	интенсификация добычи нефти
«Нева-2»	Там же	7 июля 1987 г.	1502 м	15	интенсификация добычи нефти
«Нева-3»	Там же	24 июля 1987 г.	1515 м	15	интенсификация добычи нефти
«Нева-4»	Там же	12 августа 1987 г.	815 м	3,2	интенсификация добычи нефти
«Ока»	Там же	5 ноября 1976 г.	1522 м	15	интенсификация добычи нефти и газа
«Шексна»	Там же	8 октября 1979 г.	1545 м	15	интенсификация добычи нефти и газа

* По другим данным

Вот некоторые данные по экологическим проблемам, вызванным проведёнными в Восточной Сибири МЯВ.

МЯВ «Батолит-1». Сразу после взрыва радиоактивные газы через технологическую скважину попали на поверхность.

МЯВ «Кратон-3». Через несколько секунд после взрыва произошёл выброс радиоактивных веществ с образованием радиоактивного следа с цезием-137, стронцием-90, плутонием-239, -240, америцием-241, кобальтом-60, тритием, углеродом-14. Уровень радиации вблизи боевой скважины был, судя по погибшему («рыжему») лесу, на площади около 100 га не менее 1000 Р/ч, в посёлке атомщиков — до 200 Р/ч. До сих пор сохраняется загрязнение радионуклидами почвы и растительности цезием-137, стронцием-90, плутонием, кобальтом-60, сурьмой-125, америцием-241 в сотни раз выше фоновых. Содержание стронция-90 в ягеле и кустарниках в пределах «мёртвого» леса через 15 лет доходило до 44 000 Бк/кг, цезия-137 в почве вблизи скважины — до 100 тыс. Бк/кг (выше глобального уровня в 1900 раз). Радиоактивное облако этого взрыва прошло над посёлками Айхал и Марха и ушло на сотни километров на северо-восток, накрыв территорию в 450 тыс. км². Эта радиационная авария держалась в секрете и была случайно обнаружена Якутскеологией в 1984 г.

Только через три года после взрыва в могильник глубиной 2,5 м были захоронены загрязнённое технологическое оборудование (остатки того, что осталось от разграбленного мародёрами) и грунт, снятый с промплощадки. Но это, как показали наблюдения

через несколько лет, не помогло предотвратить вынос радионуклидов в реку Марха. Радиоцезий и стронций отмечались в этой реке на 500 км ниже места взрыва — около пос. Энердек. В 1999 г. было подписано соглашение между Минатомом, компанией «АПРОСА» и Правительством Якутии о ликвидации экологических последствий этого МЯВ, но только в 2007 г. АК «АПРОСА» начала реабилитационные работы вокруг скважины (Бурцев, 2009).

МЯВ «Кратон-4». В расположенном неподалёку оз. Ниджли возникли три острова, а из-за повышения уровня воды в озере береговая линия сместилась на 8-10 м (Якимец, 1996).

МЯВ «Кристалл». Ещё в 1992 г. здесь были заметны радиационные поражения близлежащего леса. Прорыв радиоактивных веществ в атмосферу произошёл примерно через 2,7 сек. после взрыва. Последние показания датчика, установленного в 20 м от скважины и вышедшего из строя в результате выброса радионуклидов, были 1000 Р/ч (Бурцев, 2009). Радиоактивное облако после этого МЯВ образовало радиоактивный след до 12 км длиной при ширине до 400 м. Пробы, взятые в 100 м от скважины, даже через 16 лет показали превышение над фоновым уровнем концентрации плутония-239, -240 в почве до 35 000 раз, в воде рядом расположенного болотца — до 25 000 раз (Бурцев, 2009). Через 20 лет после взрыва содержание плутония-239 в почве было в 20 000 раз больше фонового уровня. Кроме плутония в почве, ягеле, коре деревьев из «мёртвого» леса были обнаружены большие количества цезия-137 (до 11 200 Бк/кг), америция-241 (2800 Бк/кг), кобальта-60, стронция-90, сурьмы-125 (210 Бк/кг). Официальная оценка ситуации (*«После рекультивации практически сохраняется естественный региональный фон»**) является лживой. Через несколько лет после взрыва в алмазодобывающем карьере в нескольких километрах были обнаружены тритий, стронций-90 и углерод-14, с подземными водами распространившиеся вокруг. По соглашению АК «АПРОСА» в 2006 г. начаты работы по реабилитации территории вокруг места подземного взрыва (Бурцев, 2009).

МЯВ «Нева». Более чем через десять лет после взрывов в десятках метров от боевой скважины обнаружено аномально высокое содержание цезия-137. В газоконденсате и нефти этого месторождения обнаружен тритий — доказательство утечки радионуклидов из полостей взрывов. Регистрация микросейсм, проведённая в 1994 г. в зонах МЯВ «Кратон-3», «Кристалл», «Нева» и «Кимберлит-4», показала, что спустя десятки лет после взрывов недра сохраняли «память» о них и продолжали дрожать.

МЯВ «Рифт-3». Взрыв был проведён на расстоянии 7-15 км от населённых пунктов Горхон, Борохал и Обуса Осинского района Усть-Ордынского Бурятского автономного округа (УБАО), ныне входящего в состав Иркутской области.

Сразу после взрыва произошло мощное истечение радиоактивных газов. По воспоминаниям местных жителей, после взрыва *«земля пошла волнами, в реке вода будто закипела»*, и через некоторое время пожелтел лес. Пожелтевшие сосны безошибочно говорят об очень высоких дозах облучения (сотни Рентген/час). Взрыв привёл к прорыву глубинных вод в горизонты питьевых вод, образованию в р. Обусе и её притоках восходящих родников (отсюда, видимо, и «кипящая вода» в воспоминаниях местных жителей). В Иркутске после этого взрыва было зафиксировано землетрясение силой в 3 балла.

Через 9 лет в почве на расстоянии до 20 км от скважины по долине реки Обусы содержание цезия-137 доходило до 100 мКи/км², а в водозаборах содержание стронция-90 достигало 50 Бк/кг (в 2-2,5 раза выше уровня регионального фона). Содержание плутония в почве около скважины составило 4,9 Бк/кг, что на порядок выше регионального

* Дубасов Ю.В., Кедровский О.Л., Касаткин В.В. Подземные взрывы ядерных устройств в промышленных целях на территории СССР в 1965–1988 гг.: Хронология и радиационные последствия // Бюлл. ЦОИПАЭ. 1994. № 1. С. 25.

Место проведения подземного ядерного взрыва «Рифт-3», Иркутская область. Июль 2003 г.

О взрыве сейчас напоминает лишь небольшой, сантиметров 70 в диаметре, щит с надписью: «Запрет. зона в радиусе 250 метров. Механические работы запрещены». Почти стёртые, плохо читаемые слова не содержат никакого упоминания о радиации.



Васильев А.П., Касаткин В.В. Мирные ядерные взрывы в СССР — надежды и реалии // *Атомная энергия, общество, безопасность: Материалы форума-диалога*. СПб., 2008. С. 338-358.

ло увеличение смертности в 3-5 раз; возросла распространённость злокачественных заболеваний, уровень которой, как и эндокринной патологии (включая заболевания щитовидной железы) и врождённых аномалий, в 2-4 раза выше, чем в удалённых районах. Дополнительная младенческая смертность в Осинском районе, по сравнению с соседними, составляет ежегодно десятки человек, а ущерб, рассчитанный по методике МЧС, за время с момента проведения ПЯВ превышает 100 млн руб. Уровень новообразований,

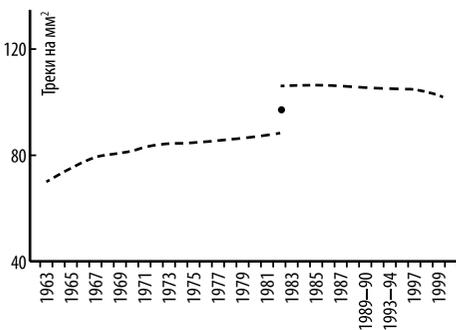
эндокринной патологии, врождённых аномалий в Осинском районе в несколько раз выше, чем в среднем по другим административным районам, а показатели здоровья детей в ближайших к месту взрыва «Рифт-3» посёлках Горхон и Борохал ещё хуже. В этих посёлках много чаще, чем в среднем по области рождаются дети с крупными врождёнными пороками развития (без глаза, без кисти и др.). Одна из девочек, которая на второй день после взрыва пасла скот вблизи места взрыва, осталась бесплодной на всю жизнь, и у неё обнаружен синдром преждевременного старения, у другой родился ребёнок с синдромом Дауна. В посёлках Борохал, Горхон и Обуса уровень спонтанных аборт (13-18%) и врождённых аномалий у детей (12-22%) рожениц 1980-1983 гг. в 4-5 раз выше, чем у рожениц 1972-1979 гг. и 1984-1987 гг. Здесь же до сих пор высок процент выкидышей у коров и кобыл.

фона. В годовых кольцах за 1982 г. у деревьев рядом с местом взрыва заметно по сравнению с фоном увеличено содержание радионуклидов — доказательство выброса радионуклидов от взрыва (рис. 23).
Через несколько лет после взрыва от жителей близлежащих посёлков стали поступать жалобы на резкое ухудшение здоровья, что подтверждалось и материалами районной больницы. Комплексные исследования состояния здоровья жителей близ расположенных посёлков Осинского района были проведены в 2003-2004 гг. В лимфоцитах периферической крови у каждого третьего-четвёртого из обследованных жителей Борохала, Горхона и Обусы обнаружены хромосомные мутации, в том числе — типичные для радиационного поражения. Таких радиационных маркёров в крови жителей было обнаружено в восемь раз больше, чем в контрольной группе.

В 16% исследованных проб мочи жителей Горхона обнаружены следы цезия-137. В 1982-1991 гг. в Горхоне и Борохале произош-

Рисунок 23

Плотность треков от осколков деления урана-235 и трансурановых элементов в годовых кольцах сосны в 3 км на запад от места МЯВ «Рифт-3»



Архангельская Т.А. Радиографическое исследование срезов деревьев для ретроспективной оценки радиоэкологической ситуации. В кн.: *Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека*. Томск, 2004. С. 55-59.

Борохал: в семи километрах от взрыва

«Перед тем как взорвать, военные приехали к нам и нас с женой “выгнали” из дома. Детей увезли в Борохал. Потом предупредили меня, что после этого собаки, свиньи будут маленько пуганные. ... Так и было, а больше ничего не было заметно. Хвоя вот только засыхала на деревьях» (Яков Замашиков, из деревни Хандагай, в 2 км от места взрыва).

«Коммунистов собрали, толком ничего не объяснили, но сказали, что так надо! Просили успокаивать людей и говорили, что всё нормально» (Николай Цыбиков, учитель).

«Где-то через два года после взрыва поросята у нас родились без щетины. И раза два так было» (Михаил Ильин).

«Я с 1965 года начала здесь медиком работать и до восьмидесятых годов не чувствовала, чтобы дети так сильно болели. ... Почти у всех “зоб”. А у взрослых тоже: то парализует, то головокружения, то рак. Раньше не было таких болезней. ...» (Галина Толмачёва, врач).

«Раньше старики живучие были, не жаловались, не болели, а теперь молодые становятся инвалидами... Для нас, бурят, дети — это самое главное... не хочется, чтобы дети здесь становились инвалидами» (Генрих Бельгаев, шаман).

Бельская О.Г. Борохал: в семи километрах от взрыва. В кн.: Байкальская Сибирь: фрагменты социокультурной карты. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2002. С. 103–107.

В настоящее время содержание техногенных радионуклидов цезия-137, стронция-90, плутония в районе посёлков Горхон и Борохал в растительности, местных продуктах питания и питьевой воде хотя и заметно выше фоновых значений, но не опасно для проживания. Однако последствия облучения сразу после проведения МЯВ (по расчётам — до 25 сЗв, а по измерениям зубной эмали методом ЭПР-дозиметрии — до 69 сЗв, — в десятки раз выше считающихся сегодня безопасными уровнями) будут сказываться на здоровье нынешнего и ряда следующих поколений. Поскольку в соответствии с приказом Минздрава РФ от 31.07.2000 г. № 298 и Приказом Роспотребнадзора от 08.08.2006 г. № 233 лица, получившие индивидуальные дозы облучения более 5 сЗв, подлежат регистрации и занесению в Федеральный реестр, было бы важно добиться этого для тех жителей Осинского района, которые по объективным показателям «набрали» больше 5 сЗв. Судя по единичным измерениям ЭПР зубной эмали и другим показателям, радиус радиационного воздействия МЯВ «Рифт-3» с дозами облучения более 5 сЗв составляет около 50 км (Медведев и др., 2005; Ежегодник «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2004 году», № 1, с. 269–271).

Недавно Росатом признал (письмо от 26 декабря 2008 г. № 02-6954), что на объекте «Рифт-3» имело место истечение радиоактивных инертных газов с максимальными значениями МЭД на устье скважины 0,2 мЗв/ч (20 000 мкР/ч). Однако на основании того, что современная радиационная обстановка на месте взрыва является безопасной, Росатом считает, «что проведение специальных, дополнительных исследований на объекте “Рифт-3” в рамках ФЦП ЯРБ за счёт средств федерального бюджета в настоящее время нецелесообразно». Нельзя не согласиться с теми, кто считает, что тем самым Росатом сознательно уходит от давно назревшей проблемы реабилитации здоровья населения, серьёзно пострадавшего от деятельности атомщиков.

«Метеорит-4». 10 сентября 1977 г. в Усть-Кутском районе, близ Марковского нефтяного месторождения был произведён ядерный взрыв мощностью 7,6 килотонны. Взрыв вызвал местное землетрясение мощностью до 8 баллов, а на расстоянии до 30 км — мощностью до 4 баллов по шкале Рихтера. После проведения взрыва питьевая вода в водозаборных скважинах ближайшего посёлка Верхнемарково стала существенно хуже, вероятно, вследствие попадания в неё нефтепродуктов и соляных растворов с большей глубины из-за сдвига пластов коренных пород. Через 13 лет на расстоянии около 30 км от

места взрыва, в окрестностях пос. Марково на поверхности появилось нефтяное пятно, сначала площадью 900 м², а затем более 3000 м². Расчёты показали, что причиной выхода нефти на поверхность, вероятнее всего, послужило тектоническое нарушение нефтяной залежи, располагающейся на глубине около 2 км, вызванное ядерным землетрясением. В результате, водозаборы в окрестностях посёлка загрязнены нефтепродуктами, и территория считается «зоной локального экологического кризиса».

... В ближайшие годы на территории России и стран СНГ можно ожидать возникновения около сотни прямых выходов радионуклидов на поверхность и резкого обострения экологической обстановки. При этом радиоактивным «загрязнением» будут охвачены основные нефтегазодобывающие районы и территории, перспективные для проведения поисково-разведочных работ. Очаги выхода радионуклидов на поверхность появятся также в непосредственной близости от крупных населённых пунктов и промышленных предприятий, а также в бассейнах Волги, Енисея, Иртыша, Камы, Лены, Оби и других рек...

Из статьи «Экологические последствия использования подземных ядерных взрывов на объектах нефтегазового комплекса» гендиректора «Вишернефтегаза» П. Бахарева и сотрудников РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина Н. Кирюхиной и Ю. Шахинжанова (Нефть России. 2001. № 1)

«... Согласно официальным данным, геологическое строение участков, где выполнялись взрывы, удовлетворяло всем необходимым требованиям безопасности. В соответствующих документах говорилось, что взрывы произведены в однородных геологических средах, в устойчивых участках земной коры... в "сухих", необводнённых скважинах. Поэтому считалось, что были созданы полностью «закрытые» системы, исключающие утечку радиоактивных продуктов и заражение местности.

... К настоящему времени появились новые данные, уточняющие геологическое строение участков недр в местах выполнения подземных ядерных взрывов. К примеру, скважины, расположенные на территории Эвенкийского АО, непосредственно находятся в зонах интенсивной трещиноватости горных пород северо-восточного и субширотных направлений. Участки недр водообильные, а подземные воды к тому же минерализованы. То же самое можно сказать о вовсе не сухих скважинах в Таймырском АО, которые попали в область сочленения тектонически активных структур. Наконец, скважины, находящиеся в Туруханском районе, оказались в непосредственной близости от тектонического нарушения и интенсивно обводнены. ... две скважины у посёлка Тура почти вплотную подходят к реке Подкаменная Тунгуска.

... Заложенные в "Паспорта подземных ядерных взрывов" и утверждённые Госатомнадзором в 1970-х годах сведения о геологическом строении тех участков недр сегодня не соответствуют действительности! Поэтому надеяться на существование естественных "защитных структур", на невозможность выхода радиоактивных веществ на поверхность нельзя...»

Из интервью главного государственного инспектора геологического контроля по Красноярскому краю, начальника Восточно-Сибирского регионального отдела государственного геологического контроля РФ Б.П. Чеснокова (Цит. по: Полонский В. Отгремевшие взрывы наступают // Наш край. 2002. 20 июня)

Общая мощность МЯВ в Восточной Сибири составила 257 килотонн. Поскольку на каждую килотонну мощности заряда образуется около 13 г плутония, получается, что в верхнем слое земной коры на этой территории было рассеяно более 3 кг плутония. Много это или мало? На всей планете до 1944 г. было меньше 50 кг плутония. Считается, что 3,3 кг плутония, равномерно распылённого в атмосфере, достаточно для гибели 5 млрд человек. Ввиду вечности плутония (период распада плутония-239 более 240 тыс. лет) крайне велика опасность появления в будущем в местах проведения МЯВ плутониевого загрязнения и на поверхности. Когда и где этого ждать в Восточной Сибири, неизвестно, поскольку наблюдений за распространением плутония вокруг полостей МЯВ никто не ведёт.

В гл. 4 уже говорилось, что атомщики планируют при удобном случае снова начать взрывать атомные бомбы под землёй под предлогом решения каких-то хозяйственных задач. Не обошли они в этих своих планах и Забайкалье. По постановлениям ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20.02.1964 г. № 16-64 и от 23.03.1964 г. № 240-94 предполагалось с помощью 25 МЯВ мощностью по 1000 кт осуществить вскрышные работы на Удоканском медном месторождении в Каларском районе Забайкальского края. Предполагалось, что МЯВ выбросят за пределы воронки более 60 млн т породы и откроют рудное тело на глубине 170 м. Не опасение радиационного загрязнения огромных территорий Сибири, а неостребованность этого месторождения промышленностью затормозило осуществление этого проекта. Но и сегодня атомщики надеются, что это решение лишь «пока не принято, оно ждёт своего часа».

Радиоактивными выбросами от МЯВ была накрыта большая часть территории Восточной Сибири. Эти радионуклиды неизбежно должны были оказать негативное влияние, по крайней мере, на генетическую структуру популяций, и, соответственно, — на экосистемы. Отсутствие данных об этом не должно рассматриваться как отсутствие такого влияния — просто никто этого не исследовал. Например, до проведения МЯВ в бассейне Вилюя (Якутия) никогда не было стольких случаев детского лейкоза, как их стало в 1990-е годы. Однако исследования в этом направлении не находят должной поддержки. Похоже, что и атомщики, и органы официального здравоохранения действуют по принципу «меньше знаешь — лучше спишь».

ГЛАВА 11

Радиационное эхо «холодной войны» и Чернобыля в Восточной Сибири

Быстро уходит в прошлое и стирается из памяти общества время, которое принято называть «холодной войной» — период гонки вооружений двух «лагерей» — капиталистического, во главе с США, и социалистического, во главе с СССР. Самым страшным последствием этой гонки стала гонка ядерного вооружения, в ходе которой в СССР было произведено около 40 тыс. ядерных боезарядов разных типов, в США — более 30 тыс. (количества достаточного, чтобы многократно уничтожить жизнь на Земле). Каждый новый тип атомной бомбы требовал натуральных испытаний. И эти испытания проводились сначала, в основном, в атмосфере:

- ... США произвели 215 ядерных взрывов в атмосфере в основном на полигоне в штате Невада;
- ... Великобритания произвела 21 ядерный взрыв в атмосфере, у западного побережья и на юге Австралии, а также на острове Рождества;
- ... Франция произвела 45 ядерных взрывов в атмосфере в Алжирской Сахаре и на атоллах Муророа и Фангатауфа в Полинезии;
- ... Китай произвёл 23 ядерных взрыва в атмосфере на полигоне Лобнор;
- ... СССР осуществил 207 ядерных взрывов в атмосфере на Новоземельском, Семипалатинском полигонах и в Капустинном Яру (Астраханская область).

Распределение радионуклидов после атмосферных взрывов

Часть радионуклидов от взрывов в атмосфере поднимается в стратосферу и воздушными течениями разносится над всей планетой, постепенно выпадая по всему миру. Другая часть распространяется в атмосфере и выпадает по радиоактивному «следу», который образуется после каждого взрыва и простирается на сотни и тысячи километров.

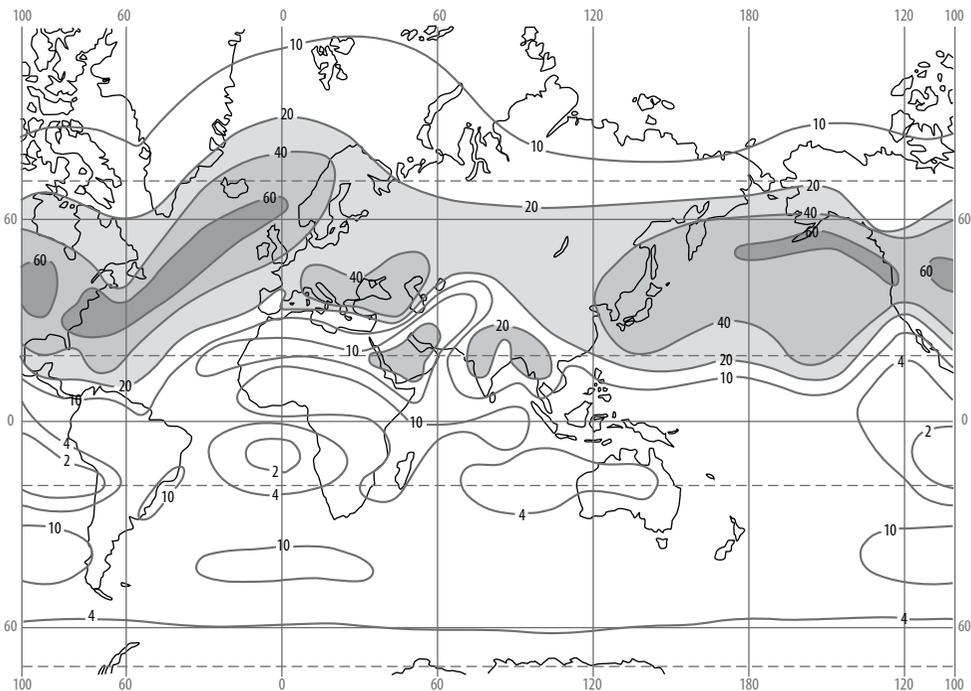
СССР проводил ядерные испытания в атмосфере таким образом, чтобы радиоактивный след располагался внутри собственной территории (при южных направлениях ветра на Новоземельском полигоне и северо-восточном — на Семипалатинском полигоне). Китай, напротив, старался выбрать такие метеорологические условия для испытания, при которых побольше радиоактивных осадков выносилось за пределы страны (в основном, на территории Казахстана и Сибири).

На рис. 24-25 показано обобщённое распределение радионуклидов попавших в стратосферу после ядерных испытаний. Видно, что максимальный уровень глобальных радиоактивных выпадений в Северном полушарии, обусловленный особенностями атмосферного переноса воздушных масс и геофизическими характеристиками планеты, происходит в полосе 50-60° сев. широты и захватывает Восточную Сибирь.

Хотя уровень глобального радиоактивного загрязнения постепенно уменьшается (в связи с естественным распадом коротко- и среднеживущих техногенных радионуклидов), радиоактивные выпадения от взрывов будут продолжаться ещё несколько сотен лет. На 2007 г. средний уровень загрязнения цезием-137 от глобальных ядерно-оружей-

Рисунок 24

Содержание стронция-90 (Ки/км²) в 1963–1964 гг. на поверхности Земли



Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. СПб., 1996. С. 159, рис. 3.4.

ных выпадений для Иркутской области составлял 1,3-1,5 кБк/м² (35-40 мКи/км²), добавляя около 5% к уровню природного излучения.

Кроме этих глобальных ядерно-оружейных выпадений, Восточная Сибирь оказалась перекрёстком трёх радиоактивных следов — от Новоземельского, Семипалатинского и Лобнорского (Китай) ядерных полигонов.

Загрязнение Восточной Сибири от Новоземельского полигона было максимальным в 1961–1962 гг. (рис. 26, 27а, 35). Суммарная бета-активность от этих радиоактивных выпадений в Северной части Байкальского региона достигала в отдельные дни 30 000 мКи/км² по (при фоновом уровне 0,1 мКи/км² в сутки) с величиной дозы на местности до 1000 мР (примерно до 10 мЗв в год, что в 10 раз выше официально признанного в настоящее время безопасным для населения уровня от техногенных источников).

С 1949 по 1962 г. до 60 радиоактивных следов от взрывов на Семипалатинском полигоне «накрывали» Восточную Сибирь. В Иркутской области документально зафиксированы локальные радиоактивные выпадения от 16 из них. Основное радиоактивное загрязнение южной части Иркутской области было связано с тремя наземными взрывами, произведёнными 12 августа 1953 г., 24 августа 1956 г. и 18 августа 1962 г. (рис. 27б, 35).

После ядерного взрыва 24 августа 1956 г. в течение пяти суток в Иркутске и Улан-Удэ было отмечено и интенсивное выпадение радиоактивных осадков: соответственно, 1005 и 980 мКи/км² по бета-активным радионуклидам (при фоновом уровне 0,1 мКи/км² в сутки).

След от взрыва 12 августа 1953 г. (в 15 раз более мощного, чем взрыв 24 августа 1956 г.) на вторые сутки прошёл через юг озера Байкал по линии Кызыл–Иркутск–Со-

Рисунок 25

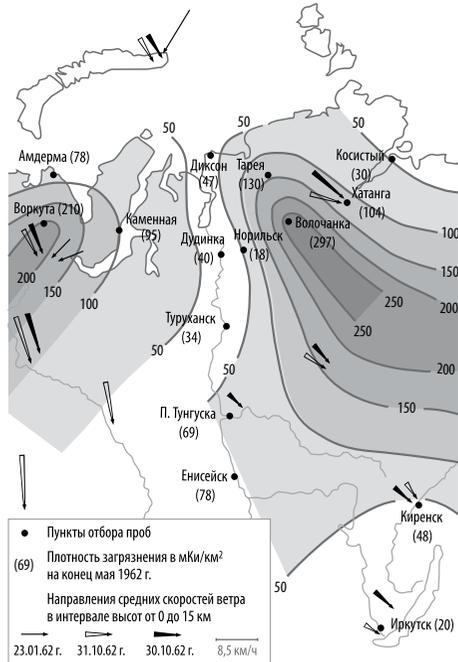
Мощность дозы гамма-излучения (мкР/ч) на высоте 1 м в 1974 г. на территории Восточной Сибири



Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. СПб., 1996. С. 163; рис. 3.7.

Рисунок 26

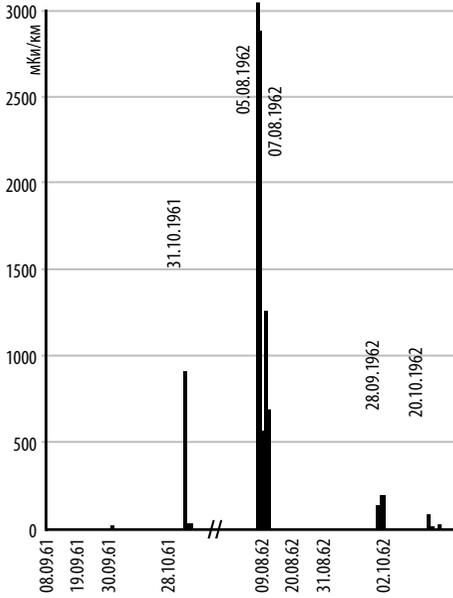
Дальние следы (в мКи/км²) от серии взрывов на Новоземельском полигоне в 1961 г. Съёмка 1962 г.



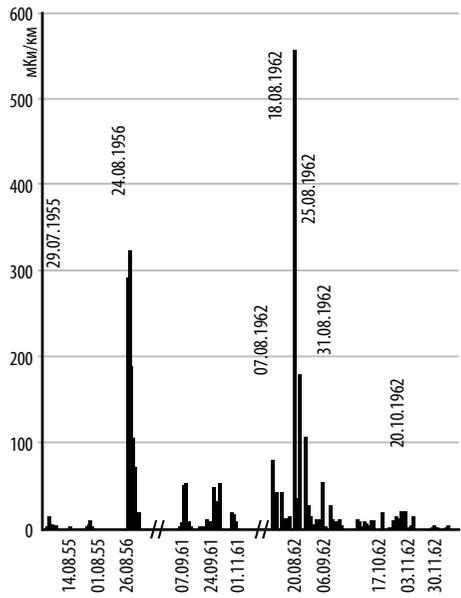
Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. СПб., 1996. С. 171, рис. 3.9.

Рисунок 27

а) Планшетные данные выпадений по бета-активности на метеостанции Киренска (1961–1962 гг.)



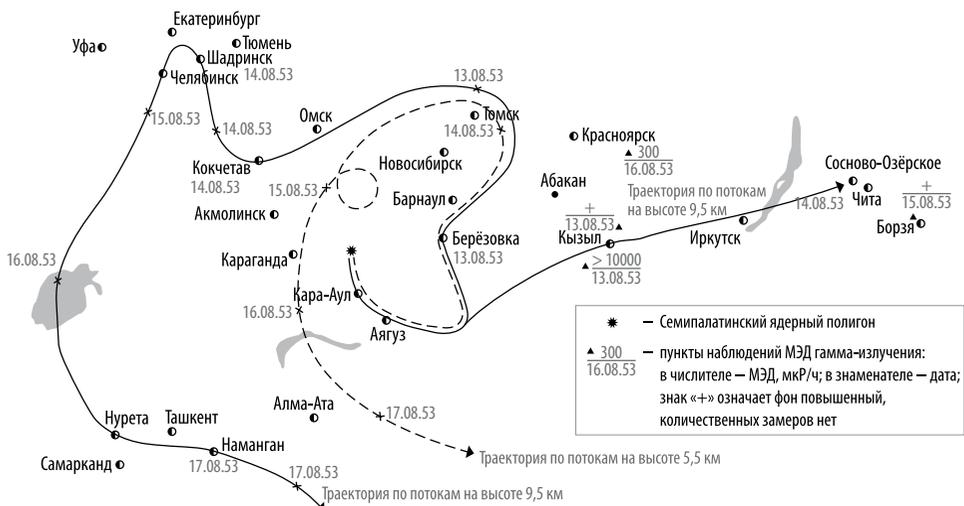
б) Планшетные данные выпадений по бета-активности на метеостанции Иркутска (1955–1962 гг.)



Государственный доклад «О состоянии окружающей среды в Иркутской области в 1999 году». Иркутск, 2000.

Рисунок 28

Траектория воздушных потоков от термоядерного взрыва (первой водородной бомбы) 12 августа 1953 г.



Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Черняго Б.П. Радиационное воздействие Семипалатинского ядерного полигона на Южную Сибирь (опыт многолетних исследований по Восточной и Средней Сибири и сопоставление результатов по Западной Сибири) // Сибирский Экологический журнал. 2005. № 6. С. 1055–1071, рис. 3.

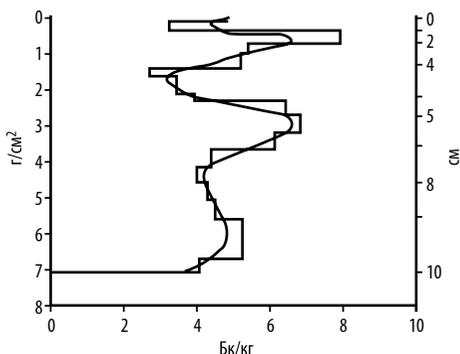
сновоозёрск (Бурятия)–север Забайкальского края. Максимальные мощности гамма-излучения на почве были зарегистрированы на пространстве между г. Кызылом (Республика Тыва) и севером Забайкальского края. Радиометрические приборы, рассчитанные на измерение до 10 000 мкР/ч зашкаливали. Это значит, что облучение было не менее, чем в 600-700 раз выше фонового (рис. 28). После этого взрыва испытания мощных водородных бомб было решено перенести на более удалённый от населённых мест Новоземельский полигон (Медведев и др., 2005).

Радиоактивные выпадения до 600 мКи/км² в сутки фиксировались на юге Иркутской области и после ядерного взрыва 18 августа 1962 г. (рис. 27б).

Радиоактивные следы от 22 ядерных взрывов в атмосфере, проведённых на китайском ядерном полигоне Лобнор в 1967–1980 гг. (менее интенсивные, чем семипалатинские), прослеживались в Казахстане, по всей Сибири и Дальнему Востоку России. На рис. 29 приведены данные по активности цезия-137 в осадках озера Дабузупао на северо-востоке Китая. Пик радиоактивности на глубине 6 см связан с глобальными и локальными выпадениями от ядерных взрывов, меньший по величине пик активности на глубине 1-2 см вызван чернобыльскими выпадениями.

Рисунок 29

Активность цезия-137 (Бк/кг) в осадках озера Дабузупао, северо-восток Китая



Xiang I. Dating sediments on several lakes inferred from radionuclide profiles // *Environ. Sciences*. 1998. № 10. P. 56–63.

Рисунок 30

Распространение радиоактивных продуктов после аварии 26 апреля 1986 г. на Чернобыльской АЭС

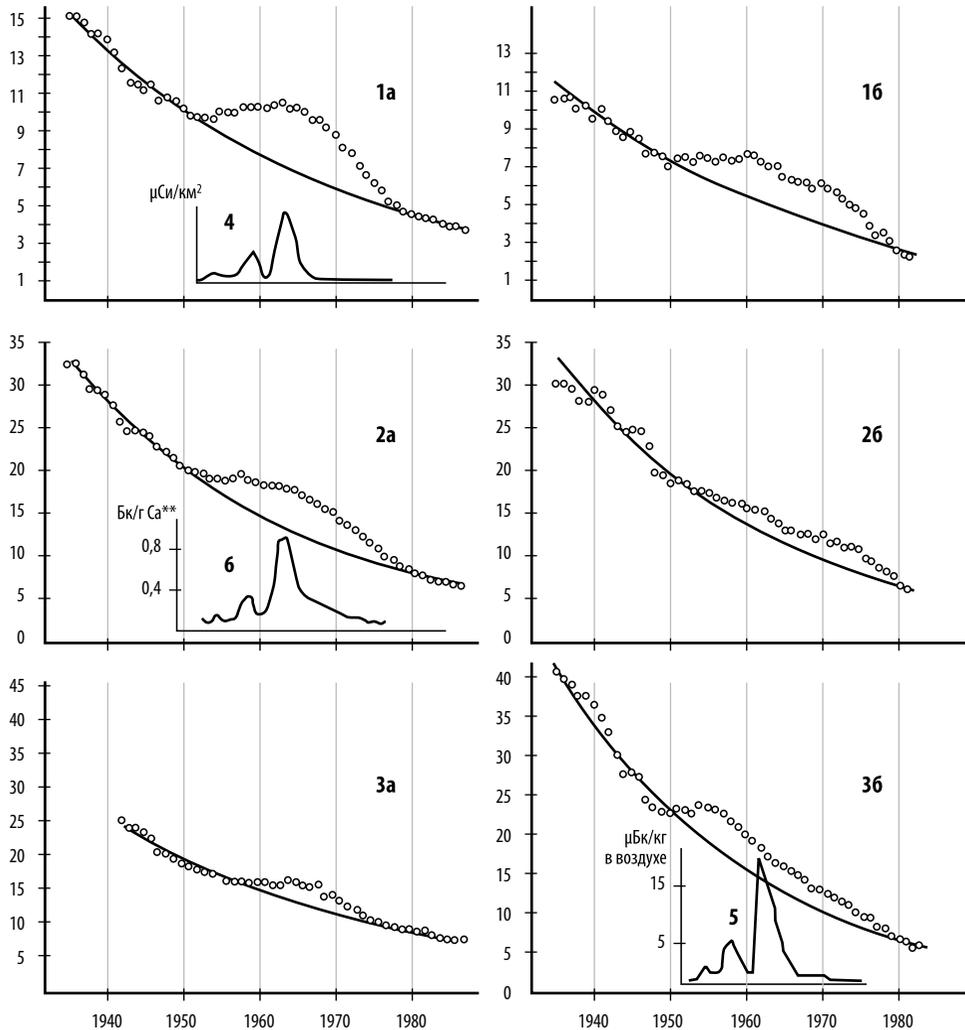


Селегей В.В. Радиоактивное загрязнение г. Новосибирска — прошлое и настоящее. Новосибирск, 1997. С. 91, рис. 17.

После прекращения ядерных взрывов в атмосфере Сибирь накрыло чернобыльское загрязнение. Чернобыльские осадки пришли к ней с севера (через Финляндию, Архангельск, Сыктывкар), запада (через Курск, Пензу, Свердловск, Омск) и юга (через Одессу, Батуми, Тбилиси, Каспийское и Аральское моря, Целиноград). Все три радиоактивных следа «встретились» над Западной Сибирью в начале мая 1986 г. и продолжили движение к Байкалу и в Приамурье (рис. 30). «Вклад» Чернобыльской аварии в радиоактивное загрязнение территории Сибири составил около 5% от уже имевшегося к 1986 г. Мак-

Рисунок 31

Динамика смертности (число случаев на 1000) в первый день после родов (1), в первые четыре недели после родов (2) и число мёртворождённых (3) в США (а), Англии и Уэльсе (б) в сопоставлении с уровнем выпадения на поверхность земли стронция-90 (4), цезия-137 (5) от ядерных испытаний в атмосфере и уровнем содержания стронция-90 в молоке (6) в Англии. Отклонения от многолетнего тренда показывают число жертв атомных испытаний.



симальная среднесуточная суммарная бета-активность чернобыльских выпадений более чем в 100 раз превышала фон в Омске, Новосибирске, Красноярске. И на протяжении следующих четырёх лет в Сибирском регионе фиксировались чернобыльские выпадения.

В результате ядерных испытаний и чернобыльского загрязнения, в ряде мест Восточной Сибири (в том числе в Прибайкалье и Восточных Саянах) до сих пор уровень техногенного радиационного загрязнения территорий цезием-137 достигает 0,6 Ки/км² и многократно выше уровня глобальных выпадений, которые составляют в Восточной Сибири около 0,035 Ки/км², а уровень загрязнения почвы — до 400 Бк/кг (рис. 35).

Последствия радиоактивных выпадений от ядерных испытаний для здоровья

Главной причиной заключения Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой 1963 г., по-видимому, стали обнаруженные факты (и теоретические расчеты) влияния радиоактивных осадков от этих взрывов на здоровье населения.

Одним их первых ещё в 1950-е гг. на это обратил внимание академик А.Д. Сахаров, один из создателей атомного оружия, в частности, самой мощной из когда-либо взорванных — 58-мегатонной водородной бомбы. Он рассчитал, что в результате загрязнения радиоуглеродом одна мегатонна ядерного взрыва приведёт к смерти 10 тыс. человек в череде поколений. Эти расчёты были уточнены с учётом не только радиоуглерода, но и других оружейных радионуклидов, и по смертности не только от раков (как первоначально считалось) и составили около 50 тыс. человек на мегатонну взрыва.

Позднее расчёты А.Д. Сахарова были косвенно подтверждены данными медицинской статистики. На рис. 31 приведены данные по младенческой смертности в первый день после родов, в первый месяц после родов, и число мёртвоорождённых в США и Великобритании в 40–80-е гг. XX в. Хорошо видно, что примерно с 1955 г. произошло увеличение всех этих показателей, совпадающее с увеличением содержания в почве цезия-137 и стронция-90 после атомных взрывов. Хотя подобных данных нет для Восточной Сибири, нет сомнения, что и здесь должны было происходить то же самое.

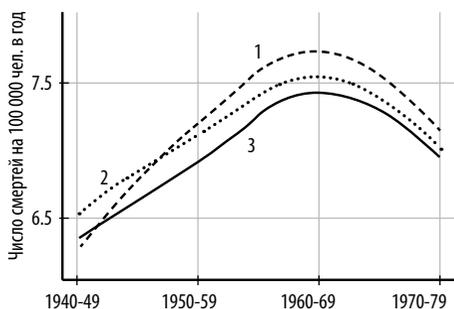
Содержание «оружейного» стронция-90 в продуктах росло не только в почве, но и в продуктах питания до середины 1960-х гг. и стало уменьшаться только после резкого сокращения, начиная с 1963 г. — года, когда был введён международный запрет на атмосферные ядерные испытания. На рис. 32 приведены данные по смертности от лейкемии в США и уровню стронция-90 в продуктах питания с 1940 по 1979 г.

Важные сопоставления были проведены член-корреспондентом Казахской АН И.Я. Часниковым, показавшие что и средняя ожидаемая продолжительность жизни в 1970-е годы коррелировалась с величиной оружейных радиоактивных выпадений (рис. 33).

Рисунок 32

Связь уровня смертности от лейкемии в США (на 100 тыс. человек, все возрасты) и уровнем стронция-90 (в продуктах питания и скелете)

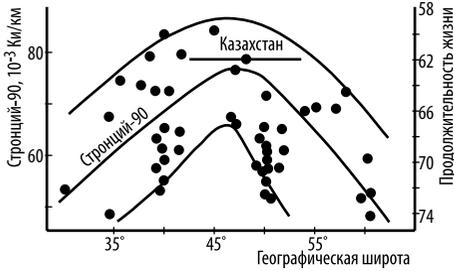
для трёх групп населения (с высоким (1), средним (2) и низким (3) уровнями стронция) в периоды до, во время и после прекращения ядерных испытаний в атмосфере



Busby C. *Wing of Death: Nuclear pollution and human health*. Aberystwyth, Green Audit Publ., 1995. P. 132, figs. 5.4.

Рисунок 33

Связь среднего уровня выпадений стронция-90 и средней продолжительности жизни мужчин в 1975–1982 гг. в 46 странах Северного полушария



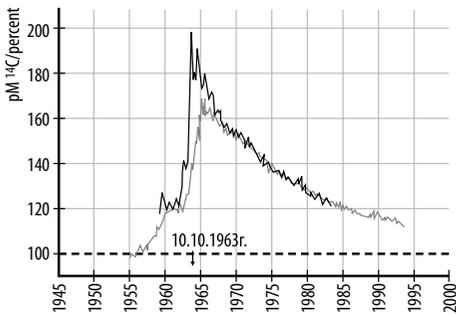
Часников И.Я. Эхо ядерных взрывов. Алматы, 1996. 98 с.

Рисунок 34

Динамика содержания оружейного углерода-14 в атмосфере (частиц на миллион) в период 1955–1994 гг.

Чёрная кривая — данные для Австрии, серая кривая — данные для Австралии, пунктирная линия — природный уровень. 10.10.1963 г. — день прекращения ядерных испытаний в атмосфере.

Увеличение содержания углерода-14 в атмосфере привело к увеличению общей смертности в 1960-е гг. во всех без исключения странах мира.



Википедия (http://ru.wikipedia.org/wiki/D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Radiocarbon_bomb_spike.svg)

Не только стронций-90 и цезий-137, но по меньшей мере 18 опасных радионуклидов выпадали после ядерных взрывов (см. Табл. в Части I). Для многих стран есть данные по выпадениям радиоуглерода (рис. 34).

Суммарное техногенное загрязнение глобальными и локальными техногенными радиоактивными выпадениями в Восточной Сибири (и Прибайкалья, в частности) сравнимо по величине с загрязнением Алтайского края, официально признанного пострадавшим от ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне (рис. 35).

Для 30 населённых пунктов Прибайкалья, где в 1953–1962 гг. проживало примерно 25 тыс. человек, максимальная накопленная эффективная доза облучения от радиоактивных выпадений могла достигать 3-5 сЗв. Максимальная доза внешнего облучения населения от ядерных испытаний на Новой Земле в Якутии в 1963 г. составила, по расчётам (Бурцев, 2009), также около 5 Р (5 сЗв) — многократно выше принятой ныне безопасной дозы. В соответствии с Федеральным законом № 2-ФЗ от 10 января 2002 г. граждане, подвергшиеся такому радиационному воздействию (а также их дети и внуки до 18 лет), имеют право на медицинскую и социальную помощь за счёт федерального бюджета.

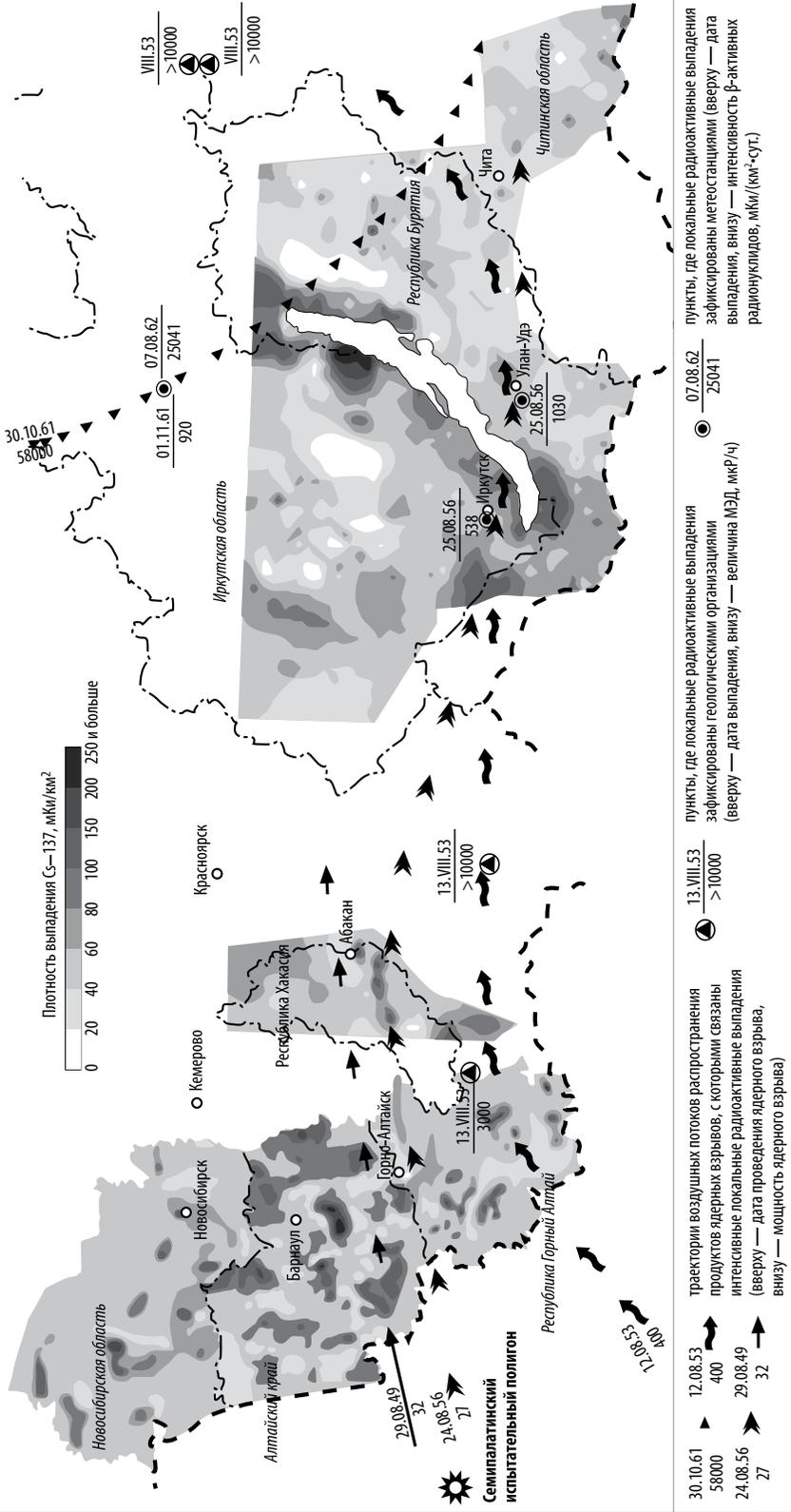
К числу таких пунктов относятся:

- ... Иркутский район (Листвянка, Большая Речка, Горячий Ключ, Малое и Большое Голоустное, Нижний Кочергат);
- ... Шелеховский район (Глубокая, Подкаменная, Шаманка);
- ... Слюдянский район (Утулик, Солзан, Маритуй);
- ... Ольхонский район (Еланцы, Косая Степь, Куртун);
- ... ряд деревень и посёлков в Баяндаевском, Эхирит-Булагатском, Боханском и Аларском районах Усть-Ордынского округа.

Приведённый выше список может быть дополнен в результате продолжения исследований в других районах области (Нижеудинский, Тулунский, Заларинский, Черемховский, Усольский и другие районы), где такие исследования ещё не проводились.

Рисунок 35

Остаточное загрязнение техногенным цезием-137 Южной Сибири от наземных взрывов на ядерных испытательных полигонах



Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Черняго Б.П. Радиационное воздействие Семипалатинского ядерного полигона на Южную Сибирь (опыт многолетних исследований по Восточной и Средней Сибири и сопоставление результатов по Западной Сибири) // Сибирский Экологический журнал. 2005. № 6. С. 1055–1071, рис. 4.

Статья 1. Гражданам, которые проживали в 1949-1963 годах в населённых пунктах на территории Российской Федерации и за её пределами, включённых в утверждаемые Правительством Российской Федерации перечни населённых пунктов, подвергшихся радиационному воздействию вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне, и которые получили суммарную (накопленную) эффективную дозу облучения более 5 сЗв (бэр), а также детям в возрасте до 18 лет первого и второго поколения указанных граждан, страдающим заболеваниями вследствие радиационного воздействия на одного из родителей, гарантируются меры социальной поддержки, установленные настоящим Федеральным законом.

Из Федерального закона от 10 января 2002 г. № 2-ФЗ «О социальных гарантиях гражданам, подвергшимся радиационному воздействию вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне» (в редакции от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ)

Попавшие в атмосферу в результате проведения ядерных испытаний на Семипалатинском, Новоземельском и других ядерных полигонах мира радионуклиды будут выпадать на поверхность планеты на протяжении ещё пары сотен лет. Несколько поколений землян будут ощущать на себе последствия этого загрязнения. В особо пострадавших от испытаний регионах (к ним относится и Южная Сибирь с Прибайкальем) было бы правильно и дальновидно — для лучшего понимания особенностей здоровья настоящего и будущих поколений — восстановить (по донным отложениям в озёрах, по распределению радионуклидов в кольцах древесины и т.п.) историю и масштабы такого загрязнения этих территорий, а по анализу эмали зубов (ЭПР-дозиметрия) и по хромосомным нарушениям восстановить полученные населением дозы облучения.

Органы государственной власти и местного самоуправления Иркутской области, Бурятии, Забайкалья, как мне кажется, должны бы организовать сбор и представление в соответствующие федеральные органы материалов, позволяющих распространить действие закона о социальных гарантиях на жителей Прибайкалья, несомненно пострадавших от ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне.

ЧАСТЬ V

Поспорим с атомщиками

Катастрофа на Чернобыльской АЭС и последовавший поток лжи исчерпал кредит доверия населения СССР к коммунистическому режиму, что, в конечном счёте, и привело к распаду страны. Игнорируемая атомщиками глобальность нерешённых проблем атомной энергетики делает особенно опасными принципы келейного, без обсуждения с обществом, принятия решений в российской атомной отрасли, решений, затрагивающих права всех россиян на жизнь, здоровье и благоприятную среду обитания.

Непрекращающиеся экономические трудности и «утечка мозгов» привели к появлению в атомной отрасли не ответственных профессионалов, а людей с менталитетом «менеджеров» (от англ. «manager» — управитель, распорядитель), для которых деньги являются высшим приоритетом. Вот почему в Росатоме упорно лелеют замшелую идею перехода к реакторам-бридерам, игнорируя любые другие менее опасные решения для ядерных установок или отбрасывая идеи перехода от урановой к ториевой энергетике. Вот почему в среде атомщиков процветают планы продолжения подземных ядерных взрывов или распространения опасных РИТЭГов. Вот почему продлевается срок службы давно выработавших свой ресурс атомных станций и продолжается закачка опасных радиоактивных отходов под землю. Спорить с российскими атомщиками, озабоченными лишь прибылью, просто необходимо, чтобы Россия не превратилась в большую радиоактивную свалку с обслуживающими её мутантами.

Для того чтобы выглядеть в глазах общественного мнения «белыми и пушистыми», атомщики выдвигают много положений, которые требуют решительных возражений. Исходя из ограниченных размеров настоящей брошюры, рассмотрю только шесть из них, которые кажутся мне особенно важными, а именно, следующие утверждения атомщиков:

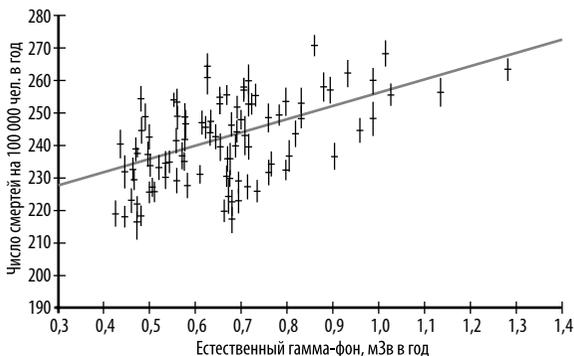
1. Уровень естественной радиоактивности в ряде мест на поверхности Земли многократно превышает средний, и там безопасно жить людям, животным и растениям.
2. Добавка к естественному радиационному фону, вызванная деятельностью человека, составляет всего несколько процентов от природного фона, и такой малостью можно пренебречь.
3. Риск смерти от дополнительного облучения много ниже, чем, например, от курения и от автомобильных катастроф.
4. Атомная электростанция безопаснее угольной.
5. Атомная энергетика не выбрасывает парниковых газов и поэтому помогает остановить опасное изменение климата.
6. Атомная энергетика экономически выгодна.

1. О влиянии естественной радиоактивности

Определённый низкий уровень радиации является важным условием возникновения изменчивости, которая, в свою очередь, является основой всего процесса эволюции живого (см. часть I). Однако в ряде мест Земли уровень естественной радиации выше среднего (5-30 мкР/ч). В бразильском городе Гуарапари, в Индии на побережье штата Керала, в Иране, Нигерии, на о-ве Мадагаскар есть территории, где естественный уровень радиации

Рисунок 36

Корреляция между уровнем естественного радиационного фона и смертностью от рака в Баварии (Германия)



Korblein A., Hoffmann W. Background Radiation and Cancer Mortality in Bavaria: An Ecological Analysis // Arch. Environ. Occupat. Health. 2006. Vol 61. № 3. P. 109–114.

ань при трёхкратно повышенном (по сравнению со среднемировым) естественном радиационном фоне обнаружено достоверное повышение средней частоты хромосомных мутаций. Есть аналогичные данные для населения в окрестностях радонового курорта в Австрии. К сожалению, для систематических медико-демографических исследований на этих и других территориях с повышенным радиационным фоном пока не нашлось средств. Добавлю, что в местах выхода вод с высоким естественным содержанием радия (как в Республике Коми) заметно выше уровень мутаций у растений и млекопитающих.

Убедительный материал по воздействию естественной радиации на человека был получен недавно в Южной Германии. В Германии есть детальная статистика и тщательно проведённые измерения радиоактивности в сотнях мест. Здесь в Баварии есть как районы с очень низким, так и со средним уровнем естественной радиации (по значениям похоже на Забайкалье). Полученные материалы убедительно показывают негативное влияние даже очень незначительного (меньше официально безопасного уровня) облучения на здоровье. На рис. 36 видно статистически достоверное увеличение смертности от злокачественных заболеваний в районах с повышенным радиационным фоном.

В популяциях всех изученных в этом отношении млекопитающих в силу естественной изменчивости всегда есть особи как менее, так и более радиочувствительные, чем основная масса. Хотя природа этой изменчивости пока не вполне ясна, факт её наличия доказан прямыми наблюдениями на мелких грызунах и собаках и косвенными — для человека. Присутствие такой внутривидовой изменчивости означает, что по признаку радиочувствительности может, при определённых условиях, происходить естественный отбор: лучше выживать и давать потомство в условиях повышенной радиации будут особи менее радиочувствительные.

Действительно, многолетний эксперимент с мышевидными грызунами (полёвками) показал, что за 20-25 поколений при постоянном отборе на пониженную радиочувствительность происходит небольшое, но статистически заметное снижение уровня радиочувствительности всей группы, то есть возникает приспособленность к более высокому уровню ионизирующего облучения. Этот эксперимент важен для понимания, как могут люди жить в местах с повышенным естественным радиационным фоном. При длительном (на протяжении многих поколений) проживании замкнутой (но достаточно многочислен-

в десятки и сотни раз выше среднего. В Забайкальском крае и ряде других мест России и СНГ есть территории с естественным радиационным фоном в десятки раз более высоким, чем в среднем по стране.

Исследования в местах с повышенным естественным фоном были проведены в индийском штате Керала. Оказалось, что среди людей, получавшим по 4-5 мЗв в год (в 2-3 раза выше, чем в Европе), заметно увеличено число хромосомных нарушений, чаще встречается синдром Дауна. В группе, подвергающейся наибольшему облучению, отмечен самый большой уровень детской смертности и понижение репродуктивной способности у мужчин. В Китае, в округе Янцюань

ной, чтобы не вырождаться из-за близкородственного скрещивания) группы людей в местах с высоким уровнем естественной радиации, должен был произойти отбор — более радиочувствительные гибли раньше и давали меньше потомков. Такое должно было произойти в условиях повышенного естественного фона облучения в Карпатах, в Германии, Франции, Бразилии, Китае и других странах. Если же в таких местах будут жить люди с обычным уровнем радиочувствительности — ничего хорошего от этого им ждать не приходится.

2. О малости добавки к естественному облучению

Неубедительность второго аргумента атомщиков — о малости, незначительности «прибавки» созданных человеком радионуклидов — можно показать на простом физическом опыте. Налейте в стакан воды до краёв. Прибавка одной капли вызывает переливание воды через край. Налейте до краёв воды в бочку. И тут добавление одной капли вызовет переливание воды через край. В первом случае для возникновения перелива к 200 мл воды в стакане была добавлено 0,005%, во втором случае к 100-литровой бочке — всего 0,00002%. И вторая аналогия. В ходе Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. энергетическая мощность боеприпасов для стрелкового оружия составила доли процента от общей мощности всей взрывчатки (в бомбах, минах, снарядах и т.п.). Однако потери от стрелкового оружия были больше. Сходным образом негативное влияние техногенных радионуклидов может быть опаснее естественных, несмотря на их многократно меньшее суммарное значение.

Не убеждает в безопасности дополнительной радиоактивности и сравнение доли радиоактивности от АЭС со значительно большим вкладом в коллективную дозу медицинского облучения. Общеизвестно, что радиационная нагрузка от медицинских процедур подлежит резкому сокращению. С 1996 г. в Европейском Союзе существует запрет рентгенодиагностики для беременных и кормящих (диагностическое облучение может вызвать уродства у детей). Даже очень лояльный к атомной индустрии Научный комитет ООН по атомной радиации считает определённо опасным более чем одно рентгенологическое обследование в год.

3. Каков действительно риск от атомной индустрии?

Атомщики часто приводят сравнительные цифры риска гибели от разных причин, среди которых гибель от радиации находится далеко не на первом месте (табл. 17).

Однако и это сравнение не вполне корректно. Во-первых, некорректно сводить все риски гибели от атомной индустрии только к гибели от раков (как это делается атомщиками). Не меньше, чем от радиогенного (вызванного радиацией) рака погибает людей от радиогенного нарушения иммунной системы и других не-раковых заболеваний. Поэтому более реалистично считать риск радиогенной гибели не 1 на 70 тыс. а, скажем, 1 на 40 тыс. человек в год. Во-вторых, за средней величиной риска скрывается много больший риск для детей, пожилых людей, беременных и тех,

Таблица 17

Риск погибнуть от разных причин в Великобритании

Причина смерти	Умирает в год
Выкуривание 10 сигарет в день	1 из 200 или 500×10^{-5}
Автокатастрофы	1 из 10 000 или 10×10^{-5}
Несчастные случаи на работе	1 из 50 000 или 2×10^{-5}
Облучение дозой 0,3 мЗв	1 из 70 000 или $1,4 \times 10^{-5}$

Sumner D., Weldon T., Watson W. Radiation risk: an evaluation. Glasgow, 1991. 220 p.

чей организм уже ослаблен какими-то болезнями. Для этих групп риск будет, по-видимому, 1 на 20-30 тыс.

Наконец, ведь это ваш выбор — курить или не курить (и тем самым избежать риска смерти от рака лёгкого). Вы можете не ездить на машине или выбрать работу с самым малым уровнем риска. Но вы не можете избежать действия техногенных радионуклидов, которые теперь невидимо присутствуют везде.

Жертвы «атомного века»

Канадский эпидемиолог и радиобиолог Розалия Бертель сделала то, что не приходило в голову другим: она пересчитала **принятые Научным комитетом по действию радиации (НКДР) ООН** риски заболеваний под действием радиации на общее количество радионуклидов, попавших в результате деятельности человека в биосферу.

Официально принимается, что дополнительное к естественному фону облучение 1 миллиона человек на уровне 100 человеко-зивертов приводит к возникновению 16 дополнительных случаев рака (из них 11 — смертельные), 10 генетическим дефектам и 25 крупным врождённым порокам развития. Известно общее число радионуклидов, образовавшееся в результате производства, испытания и применения атомного оружия, и общее количество радиоактивных выбросов АЭС. Известна и общая численность населения планеты во все года прошлого века.

Перемножение этих величин даёт следующие величины общего числа жертв «атомного века»*:

От взрывов атомных бомб	1,15 млрд человек
в том числе:	357 млн раков (из них 240 млн смертельных)
	235 млн генетических дефектов
	558 млн врождённых пороков развития
От работы военной атомной индустрии	3 млн человек
От штатной работы АЭС	21 млн человек
От катастроф на АЭС	15 млн человек
От медицинского облучения	4 млн человек
Итого	1 193 млн человек

В это число не вошли такие хорошо доказанные эффекты дополнительного облучения, как повышенная неонатальная (в течение первого месяца жизни) смертность, поражение центральной нервной системы, спонтанные аборт (выкидыши) и мёртворождения и многое другое. Эти факторы должны были затронуть в прошлом веке ещё более 520 миллионов человек.

При всей условности таких расчётов (подобные расчёты делались и другими авторами, в том числе известным американским физиком и биологом Дж. Гофманом и выдающимся физиком и гуманистом А.Д. Сахаровым) они показывают масштаб влияния атомной индустрии.

Р. Бертель заканчивает свою статью в журнале «The Ecologist» словами: «Ещё одно столетие ядерной энергии, и эта бойня продолжится более чем с 10 миллионами жертв в год. Безусловно, что отрасль, которая имеет возможность убивать, калечить и заражать такое количество ни в чём неповинных людей — и всё это во имя "общественного благополучия", — абсолютно неприемлема».

* Bertell R. Victims of Nuclear Age // The Ecologist. 1999. Vol. 29. № 7. P. 408–411.

4. Сравнение тепловой и атомной энергетики

У защитников АЭС один из дежурных аргументов — сравнение их по величине опасных выбросов с угольными. Получается, что уровень радиоактивного загрязнения в окрестностях угольных станций даже выше, чем вокруг АЭС.

При этом забывается что:

- ... При сжигании угля никаких новых радионуклидов не образуется. Радиоактивность угля формируется за счёт присутствия в нём природных радионуклидов тория, урана и калия. Угольные электростанции не увеличивают количества радиоактивных веществ в биосфере Земли — не изменяют естественный радиационный баланс. А работающие АЭС фундаментально нарушают радиационный баланс планеты.
- ... Ни торий, ни уран, ни калий (радионуклиды, определяющие естественную радиоактивность угля) не обладают такими опасными для живого свойствами, какими обладают, например, радиоактивный йод (накапливающийся в щитовидной железе), стронций (замещающий в скелете кальций) или радиотоксичный плутоний. Живое в ходе сотен миллионов лет эволюции приспособилось к присутствию в биосфере трёх радионуклидов — тория, урана и калия, но не имеет приспособлений к присутствию в среде плутония, америция и ещё десятков чуждых биосфере радионуклидов, производимых и выбрасываемых в биосферу атомной индустрией.

... Сравнение по опасности загрязнений ТЭС и АЭС, если быть точным, далеко не в пользу АЭС... Масштабная угольная энергетика при наличии современной очистки от летящей золы совершенно безопасна в радиационном отношении... Энергетика на ископаемых видах топлива может быть вполне чистой. Это является лишь вопросом выделения на очистку отходящих газов от золы, окиси серы, окислов азота и других примесей необходимых средств, которые, по оценкам, значительно скромнее, чем затраты на предотвращение радиоактивных загрязнений от атомных станций и всего ядерного цикла.

Кроме возможного катастрофического радиационного воздействия, ядерная энергетика при «нормальной работе» подвергает население непрерывному облучению малыми дозами... Всеми АЭС мира... создаётся облучение населения Земли, средняя индивидуальная доза которого равна 1 миллибэру в год, что в сто раз меньше дозы от естественного радиационного фона. Рост полной мощности всех АЭС мира... увеличит дозу до 150 миллибэр. Доза облучения человека за поколение (30 лет) станет 4,5 бэра. ...Успокаивая население, обычно указывают, что за счёт рентгенодиагностики каждый человек за те же 30 лет получает дозу в среднем 4,5 бэра, поэтому ничего страшного, если к этому столько же добавит ядерная энергетика.

Такой ход рассуждений демонстрирует часто практикуемое искажение истины с помощью средних статистических данных. В рассматриваемом случае известно, что для детей и беременных женщин рентгенодиагностика ввиду её онкологической и генетической опасности, как правило, не применяется, в то время как от АЭС определённую дозу они получают неизбежно. Итак, по экологическим соображениям атомная энергия не может и не должна выполнять роль масштабной энергетика...

Физик, член-корр. РАН В.С. Троицкий (Цит. по: Дьяченко А.А., Грабовой И.Д., Ильин Л.И. Чернобыль: Катастрофа. Подвиг. Уроки и выводы. М., 1996. С. 700–701)

Традиционные угольные ТЭЦ (и весь их топливно-энергетический цикл, начиная с добычи угля), конечно же, являются экологически опасными предприятиями, загрязняющими окружающую среду выбросами тяжёлых металлов, канцерогенных веществ

и, как отмечено выше, некоторых радионуклидов. Выбросы ТЭЦ ведут к появлению кислотных дождей, парниковых газов и к заметному повышению заболеваемости и смертности населения, оказавшегося в сфере их влияния. Однако, по суммарному негативному воздействию на человека и биосферу с учётом эффектов добычи урана и производства ядерного топлива, с учётом последствий выброса в биосферу опасных радионуклидов, которые теперь будут отравлять всё живое на протяжении тысячелетий, с учётом опасности образующихся радиоактивных отходов, с учётом последствий атомных катастроф — с учётом всего этого сравнение оказывается совсем не в пользу атомной энергетики.

5. Атомная энергетика поможет остановить изменение климата?

В последние годы сторонники АЭС настаивают на их строительстве, ссылаясь на отсутствие углекислого газа в выбросах АЭС. Накопление углекислого газа в атмосфере, как известно, ведёт к возникновению парникового эффекта и опасному изменению климата Земли. Но и эта аргументация «за АЭС» не корректна.

Во-первых, утверждение, что АЭС работает без выбросов парниковых газов, — лукавое и, по существу, неверное. Эти расчёты не учитывают так называемых «экстерналий», то есть неизбежных предшествующих и последующих процессов и производств. Для того чтобы АЭС производила электричество (действительно, без выброса углекислого газа), огромное количество энергии (производимой с выбросом этих газов) надо затратить на строительство самой АЭС, добычу урана и подготовку ядерного топлива, на обеспечение безопасного обращения с возникшими в ходе работы АЭС радиоактивными отходами, на разборку и захоронение самой АЭС после конца её эксплуатации, на самый разный транспорт. Подробные сравнения показывают, что все эти экстерналии «съедают» значительную часть всей электроэнергии, производимой за всё время работы АЭС. В полном ядерном цикле атомная энергетика выбрасывает до 40% углекислого газа на киловатт-час сравнительно с газовым циклом (по официальным расчётам, в Великобритании — 8 г CO₂ на каждый киловатт-час*). Более того, эти подсчёты верны только в случае использования богатой урановой руды. При производстве ядерного топлива из низкокачественной руды (менее 0,02% урана на тонну) атомная энергетика будет производить столько же CO₂, сколько газовая.

Интересно, что в странах, где доля АЭС в производстве электроэнергии сравнительно велика, суммарные выбросы углекислого газа не ниже, а выше (!), чем в странах, где АЭС дают лишь сравнительно небольшую часть электроэнергии. Это получается потому, что другие — не атомные, — электростанции в таких странах работают более грязно, чем в тех странах, где АЭС мало или нет.

Во-вторых, даже без учёта экстерналий, если бы были построены все те атомные блоки, которые планируются (около 1000, сейчас в мире — 444), то заметного снижения выброса углекислого газа в мире никак не получится. Для того чтобы ядерная энергетика смогла бы сыграть заметную роль в борьбе с изменением климата и в сокращении выбросов парниковых газов, нужно увеличить в четыре-пять раз число реакторов в мире к 2050 г. Только тогда можно рассчитывать на сокращение выбросов CO₂ на 20%. Это означает, что каждые две недели, начиная с данного момента и вплоть до 2050 г., где-то в мире должен вступать в строй новый реактор. Атомщики должны честно признать, что построить так много новых реакторов никак невозможно. Следовательно, вклад атом-

* Lowry D. Carbon cost of nuclear power // The Guardian. 2009. 14 May. (<http://www.guardian.co.uk/environment/2009/may/14/letter-nuclear-power-carbon-emissions>).

ной энергетики в достижение самых скромных целей по сокращению выбросов парниковых газов является, в лучшем случае, несущественным.

Все планируемые новые АЭС не смогут заместить выходящие из строя АЭС, построенные 40-50 лет назад и давно выработавшие свой ресурс. Уже поэтому доля АЭС в производстве электричества не сможет заметно вырасти в обозримом будущем.

В-третьих, если бы правительства, принявшие решение о строительстве АЭС под предлогом борьбы с изменениями климата, действительно ставили целью уменьшить влияние энергетики на глобальный климат, то специалисты немедленно бы перечислили целый ряд многократно более эффективных мероприятий, чем строительство АЭС (энергосбережение, перевод ТЭЦ на газовое топливо, приведение в порядок наших нефте- и, особенно, газопроводов, прекращение сжигания миллиардов кубометров попутного газа на нефтяных промыслах и т.д.). По сравнительной стоимости снижения выбросов углекислого газа есть 15 других более выгодных для вложения капитала технологий, которые ведут к сокращению выбросов парниковых газов. При этом в половине таких случаев прогнозируется существенная прибыль.

В-четвёртых, углекислый газ — не единственная причина изменения климата. Все АЭС выбрасывают огромное количество криптона-85, инертного газа, который уже заметно увеличил электропроводность земной атмосферы (см. гл. 2). Не исключено, что наблюдаемое в мире увеличение числа и интенсивности гроз, бурь, штормов и ураганов — «на совести» АЭС.

...Ядерную энергетику только по недомыслию или при сознательном искажении фактов можно называть «экологически чистой». К тому же факты, связанные с ядерной энергетикой... до настоящего времени остаются скрытыми от широкой общественности в части реального воздействия этой крупной отрасли промышленности на окружающую среду и здоровье населения.

Из учебного пособия для вузов «Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать?» (под ред. председателя Госкомитета по охране окружающей среды РФ проф. В.И. Данилова-Данильяна), М., 1997. 267 с.

Ядерная энергия — самый медленный и дорогой способ сокращения выбросов CO₂ по сравнению с повышением энергоэффективности, децентрализованной тепло- и электрофикацией и возобновляемыми источниками энергии.

6. Атомная энергетика экономически выгодна?

Атомщики часто говорят о том, что стоимость электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, меньше стоимости электроэнергии угольных станций и много ниже, чем стоимость солнечной и ветровой энергии. Они правы только при поверхностном сравнении. Если бы всё было так на самом деле, то почему ни в одной из стран мира, где в последние годы намечается строительство АЭС, они не обходятся без огромных государственных дотаций? И в США, и в России в 2008-2009 гг. на поддержку строительства АЭС из бюджета выделены десятки миллиардов долларов.

Надо ещё учесть, что повсеместно, рассчитывая стоимость будущих АЭС, атомщики целенаправленно и намеренно её занижают. Так, например, Финляндия договорилась с французской «Аревой» о строительстве новой АЭС за 4 млрд долл. Прошло пять-шесть лет, и строительство потребовало вложения ещё более двух миллиардов. И это далеко не конец истории.

Ещё одна «невинная» уловка атомщиков при выпрашивании денег на строительство АЭС — избегание огромных расходов на хранение РАО, ловкое перекалывание

Таблица 18

Примерное соотношение затрат в атомной индустрии

Направление расходов*	Относительная стоимость, %
Разведка и добыча урана	1
Производство топлива	9
Проектирование и строительство АЭС	11
Эксплуатация**	4
Переработка и хранение РАО, разборка АЭС	75

* при цене 40 долл. за фунт урана

** при эксплуатации в течении 40 лет

Составлена по данным разных авторов

этих расходов (которые многократно больше стоимости строительства; см. табл. 18) на настоящих и будущих налогоплательщиков.

Есть ещё одна узаконенная уловка атомщиков, позволяющая перекаладывать расходы атомной отрасли на плечи граждан, — ограниченная материальная ответственность при авариях. Страны, имеющие атомные реакторы, хитроумно приняли Венскую конвенцию о ядерном ущербе (1963). В соответствии с ней максимальная общая сумма ущерба, которую выплачивает страна, где произошла атомная авария, другим пострадавшим странам ограничивается 250 млн долл. Казалось бы, значительная сумма. Однако на самом деле прямые расходы Украины, Беларуси и России на смягчение последствий Чернобыльской катастрофы только за первые двадцать лет превысили 500 млрд долл. Тут и 830 тысяч чернобыльских ликвидаторов, получавших и получающих за-

служенные прибавки к пенсии и средства на лечение, тут и расходы на ведение хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения на огромных территориях. Расходы других стран не подсчитаны, но ясно, что составят многие миллиарды, а не миллионы долларов. Турция, Германия, Польша, Швеция, Норвегия и даже США уничтожали большое число радиационно загрязнённых продуктов. В 2009 г., 23 года спустя после взрыва на Чернобыльской АЭС, сотни английских ферм всё ещё получают бюджетные компенсации в связи с невозможностью использования ежегодно около 190 тыс. овец, которые пасутся на пастбищах, до сих остающихся опасно радиоактивно загрязнёнными чернобыльскими осадками, и в телах которых содержание радионуклидов превышает все установленные нормы. И за всё это платит государство, а не атомная индустрия*.

Припомним атомщикам и за бесценное получаемое атомное горючее. Около 30% американского атомного электричества последние годы производится за счёт бывшего советского, разбавляемого до низких процентов обогащения, оружейного урана, проданного нищей в 1993 г. Россией за несколько миллиардов долларов. Не меньше оружейного урана идёт на топливо и в России из государственных запасов за символическую стоимость. Истинная цена этого урана для СССР составляет не миллиарды, а десятки и сотни миллиардов долларов (затраченных в своё время на оборонные программы). Нет другой отрасли промышленности в мире, которая пользовалась бы таким тепличными условиями для своего существования и развития.

* См. подробнее: The Guardian: Британские фермеры всё ещё страдают от последствий чернобыльских осадков. 13 мая 2009 г. (<http://antiatom.ru/ab/node/1077>). — Прим. ред.

Заключение

Опасное радиоактивное загрязнение неизбежно сопровождает все звенья современной атомной энергетики: добычу и переработку урана, производство ТВЭЛов, работу АЭС (даже в штатном режиме), хранение и регенерацию атомного топлива. Происходящие при этом распространение антропогенных радионуклидов, которых до того не существовало в биосфере (в том числе, «вечных» и «глобальных»), всё более опасно нарушает экологический и радиоактивный баланс нашей планеты.

На протяжении 60 лет мировая атомная индустрия не может решить три созданные ею фундаментальные проблемы глобальной безопасности: безопасного захоронения радиоактивных отходов, создания безопасного атомного реактора и связи атомной энергетики с атомным оружием. Пока эти проблемы не будут решены, развитие атомной энергетики несёт неприемлемые риски для человека и живой природы.

Атомная энергетика не в состоянии честно платить по своим счетам ни в штатном, ни, тем более, в аварийном варианте. Её пресловутая экономическая выгодность распространяется лишь на карманы высокооплачиваемых специалистов и менеджеров. Для общества в целом атомная энергетика — тяжёлый камень на ногах.

Почему, несмотря на очевидные опасности и экономическую ущербность, развитие атомной энергетики в разных странах поддерживается щедрыми бюджетными ассигнованиями? Определяется это одним — связями мирного и военного атома. Под видом мирного атомного электричества развивались и развиваются ядерно-оружейные программы, на которые затрачиваются колоссальные секретные средства*.

Лишь часть экологических проблем, созданных атомной индустрией в Восточной Сибири, кратко описана в этой книге. Однако и сказанного достаточно, чтобы сделать один неприятный вывод — развитие этой отрасли в России происходит не в интересах страны и её населения. Создав экологические проблемы на века, она отворачивается от их решения и продолжает создавать всё новые и новые. Навечно радиационно загрязнённые земли, урановые «хвосты», брошенные РИТЭГи, ядерные материалы под открытым небом, разрушенное здоровье миллионов и передающиеся новым поколениям мутации... В прошлом всё это делалось ради создания советского «ядерного щита». Ради чего это делается сегодня?

* Например, по некоторым подсчётам, секретные финансовые «вливания» в атомную энергетику Франции составили к 1990 г. более 30 млрд долл.

Рекомендуемая литература

- Адамович А.** ...Имя сей звезде — Чернобыль. Минск: Ковчег, 2006. 544 с.
- Алексахин Р.М., Корнеев Н.А.** (Ред.) Сельскохозяйственная радиоэкология. М.: Экология, 1992. 400 с.
- Алексиевич С.** Чернобыльская молитва: (Хроника будущего). М.: Остожье, 1997. 224 с.
- Бандажевский Ю.И.** Радиоцезий и внутриутробное развитие. Минск: БЕЛРАД, 2001. 59 с.
- Барановский С.И.** Радиационное наследие холодной войны. М.: Российский Зелёный крест, 1999. 375 с.
- Басби К.** (Ред.) Рекомендации-2003 Европейского Комитета по радиационному риску. Пер. с англ. М.: Центр экологической политики России, 2004. 218 с.
- Булатов В.И.** Россия радиоактивная. Новосибирск, 1996. 271 с.
- Верховец П.М., Казакова Г.П., Мамонтова Т.Н., Подосёнова О.А.** Радиоактивный монацитовый концентрат в Красноуфимском районе Свердловской области: пути решения проблемы. Екатеринбург: Уральский экологический союз, 2006. 18 с.
- Гофман Дж.** Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений. Минск: Выш. шк., 1994. 576 с.
- Гулд Дж. М., Голдман А.Б., Милллойнетр К.** Смертельный обман. Большая ложь о малых дозах. Пер. с англ. М.: Международный Социально-Экологический союз, 2001. 260 с.
- Грейб Р.** Эффект Петко: Влияние малых доз радиации и на людей, животных и деревья. Пер. с англ. М.: Движение «Москва-Семипалатинск», 1994. 263 с.
- Денисовский Г.М., Лупандин В.М., Малышева П.В.** Ядерная энергетика России. Неизвестное об известном. М.: Совет ГРИНПИС, 2003. 68 с.
- Диль П., Сливяк В.** Импорт ядерных отходов: минимум прибыли — максимум РАО. (Доклад группы «Экозащита!»). М., 2005. 70 с. (<http://antiatom.ru/ab/%252Fnode/278>).
- Емельяненко А.** Архипелаг СРЕДМАШ. М.: Российский комитет «Врачи мира за предотвращение ядерной войны», 2000. 304 с.
- Емельяненко А., Попов В.** Атом без грифа «секретно». Книга 1. Дополнительные штрихи к портрету ядерного комплекса СНГ и России. Москва–Берлин: Российский комитет «Врачи мира за предотвращение ядерной войны», 1992. 144 с.
- Емельяненко А., Попов В.** Атом без грифа «секретно». Книга 2. Полвека с бомбой. М.: Российский комитет «Врачи мира за предотвращение ядерной войны», 1996. 158 с.
- Жуковский М.В., Ярошенко И.В.** Радон: измерение, дозы, оценка риска. Екатеринбург: Урал. отд-ние РАН, 1997. 232 с.
- Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах.** Публикация 65 Международной комиссии по радиационной защите. Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1995. 68 с.
- Израэль Ю.А.** Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. СПб.: Пресс-года, 1996. 356 с.
- Ильинских Н.Н., Адам А.М., Новицкий В.В.** Мутагенные последствия радиационного загрязнения Сибири. Томск: Сиб. гос. мед. ун-т, 1995. 164 с.
- Информация об утилизации отходов промышленности по обогащению урана.** Гринпис России, 2007 (<http://www.greenpeace.org/russia/ru/press/reports/1425385>).
- Календарь ядерной эры. Ни дня без аварии.** М.: Совет ГРИНПИС, 1996. 14 с.
- Ковалевская Л.** Чернобыль ДСП. Киев: Абрис, 1995. 328 с.
- Козлов В.Ф.** Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1991. 352 с.
- Крышев И.И., Рязанцев Е.П.** Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. М.: ИздАТ, 2000. 384 с.
- Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д.** Российская и мировая атомная энергетика. М.: Моск. гуманит. ун-т, 2008. 765 с.
- Кузнецов В.М., Назаров А.Г.** Радиационное наследие холодной войны. Опыт историко-научного исследования. М.: Ключ-С, 2006. 720 с.

- Кузнецов В.М., Поляков В.Ф.** Настоящее и будущее быстрых реакторов. Некоторые вопросы экономики БН-800. М.: «Экозащита!», 2001. 27 с. (<http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/books.htm>)
- Кузнецов В.М., Яблоков А.В., Десятов В.М., Никитин А.К., Форофонов И.В.** Плавучие АЭС России: угроза Арктике, Мировому океану и режиму нераспространения. М.: Центр экологической политики России, 2000. 65 с. (<http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/books.htm>)
- Кузнецов Т.В., Гаврилов А.Т.** (Ред.). Права пострадавших от радиации. Как их защитить, добившись возмещения вреда здоровью, с помощью суда // Библиотечка «Российской газеты». Вып. № 8. М., 2003. 232 с.
- Лепин Г.Ф., Смоляр И.Н.** Горькая правда об атомной энергетике: (Хотите ли Вы знать правду?). Минск: БЕЛРАД, 2005. 284 с.
- Лирмак Ю.** Как выжить в Томской области. А также: Волгоградской, Владимирской, Ульяновской, Ярославской, Камчатской... Томск: Красное знамя, 2007. 317 с.
- Ложные обещания.** Пер. с англ. М.: «Экозащита!», 2009. 76 с. (<http://antiatom.ru/ab/%252Fnode/278>)
- Макхиджани А., Салеска С.** Обманы атомной энергии. Пер. с англ. Новосибирск: Нонпарель, 1999. 360 с. (<http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/books.htm>)
- Меньшиков В.Ф.** Атомная энергетика сегодня. В кн.: Россия в окружающем мире: 2004: Аналитический ежегодник. М., 2005. С. 81–127. (<http://www.rus-stat.ru/>)
- Национальный доклад РФ** о выполнении обязательств, вытекающих из объединённой конвенции о безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами. М., 2006. (<http://www.a-submarine.ru/News/Main/viewPrintVersion?id=19972&idChannel=655>)
- НРБ-99.** Нормы радиационной безопасности. СП 2.6.1 758-99. М.: Минздрав России. 115 с.
- Нягу А.И., Логановский К.В.** Нейропсихиатрические эффекты ионизирующих излучений. Киев: Чернобыльинтеринформ, 1998. 350 с.
- Попова Л.В.** (Ред.). Всесторонняя оценка социальных аспектов использования МОКС-топлива в легководных реакторах. М.: Центр ядерной экологии и энергетической политики Социально-Экологического союза, 1998. 452 с.
- Попова Н.** Плавучие АЭС: «хромая утка» РОСАТОМА // Аргументы недели. 2007. 28 июня. (<http://www.argumenti.ru/publications/3977>)
- Радзиховский А.П., Кейсевич Л.В.** Начало атомной эры. Киев: Киев. нац. ун-т, 2006. 192 с.
- Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2004 году:** Ежегодник Росгидромета. М., 2006. 288 с.
- Рихванов Л.П.** Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 1997. 384 с.
- Российская атомная промышленность: необходимость реформ** (Доклад объединения «Беллона», № 4). СПб, 2004. 208 с. (http://www.bellona.ru/bellona.ru/reports_section)
- Росман Г.И., Быховский Л.З., Самсонов В.Г.** Хранение и захоронение радиоактивных отходов. М.: ВИМС, 2004. 240 с.
- Соловьёв С.П.** Аварии и инциденты на атомных электростанциях: Учеб. пособие по курсам «Атомные электростанции», «Надёжность и безопасность АЭС». Обнинск, 1992. 290 с.
- Суслин В.П.** Отдалённые эффекты облучения населения вследствие длительного воздействия малых доз ионизирующей радиации (оценка радиационного риска). Новосибирск: Центр Госсанэпиднадзора, 1998. 142 с.
- Субботин В.И.** Размышления об атомной энергетике. М., 1995. 130 с.
- Тараканов Н.** Чернобыльские записки, или Раздумья о нравственности. В кн.: Две трагедии XX века. М.: Советский писатель, 1992. С. 5–246.
- Уолфстол Дж. Б.** Ядерное оружие, ядерные материалы и экспортный контроль в бывшем Советском Союзе. М.: Моск. центр Карнеги, 2002. 220 с.
- Ушаков И.Б., Арлащенко Н.И., Должанов А.Я., Попов В.И.** Чернобыль: радиационная пси-

- хофизиология и экология человека. М.: ГНИИ авиационной и космической медицины, 1997. 247 с.
- Феохтистов Л.П.** Оружие, которое себя исчерпало. М.: Российский комитет «Врачи мира за предотвращение ядерной войны», 1999. 247 с.
- Фэйрли И., Самнер Д.** Иной доклад о Чернобыле (TORCH). Независимая научная оценка медицинских и экологических последствий через 20 лет после ядерной катастрофы с критическим анализом последнего доклад Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Киев: The GREENs in European Parliament, 2006. 99 с.
- Хижняк В.** Осторожно! Радиация!: Пособие для граждан. Красноярск: Гражданский центр ядерного нераспространения, 2003. 32 с.
- Часников И.Я.** Эхо ядерных взрывов. Алматы, 1996. 98 с.
- Яблоков А.В.** Атомная мифология. Заметки эколога об атомной индустрии. М.: Наука, 1997. 272 с.
- Яблоков А.В.** Серия брошюр «АТОМНАЯ МИФОЛОГИЯ». М.: Центр экологической политики России (<http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/books.htm>):
Миф о безопасности атомных энергетических установок. 2000. 88 с.
Миф об экологической чистоте ядерной энергетики. 2001. 136 с.
Миф о необходимости строительства атомных электростанций. 2000. 84 с.
Миф о безопасности малых доз радиации. 2002. 180 с.
Миф об эффективности и безопасности мирных подземных ядерных взрывов. 2004. 176 с.
- Яблоков А.В.** Неизбежная связь ядерной энергетики с атомным оружием. (Доклад объединения «Беллона»). М., 2005. (http://www.bellona.ru/bellona.ru/reports_section)
- Яблоков А.В.** Россия: здоровье природы и людей. Серия «Экологическая политика». М.: «ЯБЛОКО», 2007. 224 с.
- Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В.** Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. СПб.: Наука, 2007. 376 с. (http://www.bellona.ru/bellona.ru/reports_section)
- Ядерная энергия: миф и реальность.** Пер. с нем. М.: Фонд им. Г. Бёлля, 2006. 244 с. (<http://www.boell.ru/alt/ru/web/193.html>)
- Ярошинская А.А.** (Ред). Ядерная энциклопедия. М.: Фонд Ярошинской, 1996. 618 с.
- Bertell R.** No immediate danger. Prognosis for a Radioactive Earth. London: The Women Press, 1985. 436 p.
- Gould J.M.** The Enemy Within. The High cost of living near nuclear reactors. New York–London: Four Walls Eight Windows Publ., 1996. 346 p.
- Pomper M.** The Russian Nuclear Industry: Status and Prospects // Nuclear Energy Futures Paper. № 3. Centre for International Governance Innovation (CIGI), 2009. 40 p. (<http://www.cigionline.org>)
- Ramberg B.** Nuclear power plants as weapons for the enemy. An unrecognized military peril. Univ. California Press, 1984. 193 p.

Работы по радиоэкологии Восточной Сибири

- Аносова Г.Б., Ширапова С.А.** Урановая напасть // Волна. 2008. № 2 (47). С. 34–37.
- Архипов Н.Д., Бурцев И.С.** Обиды Матушки Вилюя. Якутск: Сайдам, 2005. 304 с.
- Балей.** Экология. (http://baley-ru.narod.ru/baley_ecolog.html)
- Бельская О.Г.** Борохал: в семи километрах от взрыва. В кн.: Байкальская Сибирь: фрагменты социокультурной карты. Вып. 4. Иркутск, 2002. С. 103–107.

- Боль и трагедия седого Вилюя.** Якутск: Комитет «Вилюй», Корпорация САПИ, 1997. 92 с.
- Бурцев И.С.** Проблемы радиационной безопасности в Республике Саха (Якутия). В кн.: Атомная энергия, общество, безопасность: Материалы форума-диалога (21–22 апреля 2009 г., Санкт-Петербург) (<http://www.green-cross.ru/images/NND-2008-rus.pdf>)
- Бурцев И.С., Колодезникова Е.Н.** Радиационная обстановка в алмазоносных районах Якутии. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1997. 52 с.
- Бурятия.** Общественность и пресса о добыче урана // Экология и права человека: Бюлл. Союза «За химическую безопасность», ЕСО-НР. 2005. 28 августа. (<http://www.seu.ru/members/ucs>)
- Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей природной среды Иркутской области»** с 1996 года (за 1997 и 1998 гг. можно посмотреть на сайте <http://ecologyserver.icc.ru/doklad/>; за 2005, 2006 и 2007 гг. — <http://www.ecology.govirk.ru/>).
- Долгих В.В., Астахова Т.А., Черкашина А.Г., Шенин В.А.** Оценка состояния здоровья детского населения Осинского района Усть-Ордынского Бурятского автономного округа Иркутской области. В кн.: Медицинские и экологические эффекты ионизирующего излучения: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Томск, 2005. С. 76.
- Жилина Ю.Г, Черняго Б.П.** Радиоэкологическая обстановка в Иркутской области // Волна. 2008. № 2 (47). С. 38–43.
- Коренблит С.Э., Таевский, Д.А.** Господин Гексафторид-6, или Право на Жизнь против Атомной Лжи, Атомного Мракобесия и Атомного Беспредела. 2008. (<http://babr.ru/index.php?pt=news&event=v1&IDE=39530>)
- Коренблит С.Э., Шапарова Н.Н.** Господин Гексафторид-7. Спецоперация «Аудит» и Большая ложь осколков Большого взрыва. 2008. (<http://www.baikalwave.eu.org/analit/geks.html>)
- Кузнецов Г.** «Атомная» завеса. Почему не состоялся диалог региональной общественности и Росатома? // Вост.-Сиб. правда. 2009. 15 января. (<http://www.vsp.ru/economic/2009/01/15/460329>)
- Лукашевский С.М.** (Ред). Читинская область. Разд. 4. Соблюдение основных социальных и трудовых прав. Право на экологическую безопасность. В кн.: Права человека в регионах Российской Федерации. М.: ЗАО РИЦ, 2000. 416 с.
- Малевич Л.В.** Промышленные подземные ядерные взрывы на территории Иркутской области: проблемы и решения // Волна. 1997. № 2. С. 30–31.
- Мандельбаум М.М., Рыбьяков Б.Л.** Заключение об условиях нефтепроявлений на Марковской площади и путях ликвидации экологических последствий. Рукопись. 1994. 7 с.
- Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Коваленко В.В.** и др. Радиационное воздействие подземного ядерного взрыва шифр «Рифт-3» на территорию и население Осинского района Иркутской области // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. XII, № 6. С. 1073–1078.
- Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Осипова Л.П. и др.** Оценка радиационного воздействия Семипалатинского ядерного полигона на Прибайкалье на примере с. Малое Голоустное. В кн.: Медицинские и экологические эффекты ионизирующего излучения: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Томск, 2005. С. 129.
- Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Черняго Б.П.** Радиационное воздействие Семипалатинского ядерного полигона на Южную Сибирь (Опыт многолетних исследований по Восточной и Средней Сибири и сопоставление результатов с материалами по Западной Сибири) // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. 12, № 6. С. 1055–1071.
- Медведев В.И., Маторова Н.И., Карчевский А.Н., Лобкова Л.И., Рукавишников В.С.** Эпидемиологические исследования здоровья жителей Южного Прибайкалья, проживающих на территориях, подвергшихся радиационному воздействию вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. В кн.: Медицинские и экологические эффекты ионизирующего излучения: Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Томск, 2005. С. 135.
- Медведев В.И., Мясников А.А., Коршунов Л.Г., Ткаченко И.М.** Радиоактивное техногенное загрязнение Cs-137 территории Байкальского региона. В кн.: Проблемы Земной цивилизации

- лизации: Доклады конф. «Теоретические и практические проблемы безопасности Сибири и Дальнего Востока». Вып. 1. Ч. 1. Иркутск: ИрГТУ, 1999. С. 95–101.
- Михеев В.И., Хижняк В.Г.** Горно-химический комбинат: независимый взгляд. Красноярск: Красноярское краевое экологическое движение, 1998. 200 с. (<http://nuclearno.ru/text.asp?632>)
- Наджаров А.** Якутский Чернобыль // Новые Известия. 2001. 28 марта. С. 1, 5.
- Непомнящих А.И., Черняго Б.П.** Радиоэкологические проблемы Сибирского региона. В кн.: Проблемы Земной цивилизации: Доклады конф. «Теоретические и практические проблемы безопасности Сибири и Дальнего Востока». Вып. 1. Ч. 1. Иркутск: ИрГТУ, 1999. С. 89–95.
- Непомнящих А.И., Черняго Б.П., Кузнецов А.Ф., Медведев В.И.** Локальные выпадения на юге Иркутской области от наземных ядерных испытаний // Доклады РАН. 1999. Т. 369, № 2. С. 258–260.
- Непомнящих А.И., Черняго Б.П., Медведев В.И., Коршунов Л.Г. и др.** Об отдалённых последствиях радиоактивных выбросов и выпадений в Иркутской области и Усть-Ордынском округе. В кн.: Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы II Межд. конф. Томск: Тандем-Арт, 2004. С. 436–439.
- Общество и радиация:** коротко об истории и проблемах. Иркутск: «Байкальская Экологическая Волна», 2002. 107 с.
- Под Норильском найдены бесхозные радиоизотопные установки** // Заполярная правда. 2006. 13 апреля. (<http://gazetazp.ru/lenta/12427>)
- Полонский В.** Отгремевшие взрывы настигнут // Наш край. 20 июня 2002. С. 3.
- Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия):** Материалы II Республиканской науч.-практ. конф. (16–18 декабря 2003 г., Якутск). Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. 472 с.
- Рихванов Л.П.** Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 1997. 384 с.
- Селегей В.В.** Радиоактивное загрязнение Новосибирска — прошлое и настоящее. Новосибирск, 1997. 161 с.
- Улыбина Ю.** Ядерные испытания в Усть-Ордынском округе оставили след на века // СМ-Номер один. 2005. 10 марта. (<http://pressa.irk.ru/sm/2005/09/004001.html>)
- Черкашина А.Г., Колесникова Л.И., Медведев В.И., Мясников А.А., Колесников С.И.** Радиоактивное загрязнение Усть-Ордынского Бурятского автономного округа и состояние здоровья детей, проживающих на его территории // Вестник ГеоИГУ. Вып. 1. Геология месторождений полезных ископаемых и георадиоэкология Восточной Сибири и Забайкалья. Иркутск, 2000.
- Черняго Б.П., Непомнящих А.И.** О радиоактивном загрязнении территории Прибайкалья от наземных ядерных испытаний // Геология и геофизика. 2008. Т. 49, № 2. С. 171–178.
- Чомчоев А.И.** Радиационные проблемы на территории республики Саха (Якутия). В кн.: Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы Межд. конф. Томск, 1996. С. 277–280.
- Чомчоев А.И.** Экологические и экономические проблемы добычи урана // ФОРУМ.мск. 2007. 13 августа. (<http://forum.msk.ru/material/lenty/371643.html>)
- Ширапова С.А.** Радио-геоэкология таёжно-мерзлотных ландшафтов Витимского плоскогорья (на примере Хиагдинского месторождения урана): Автореф. дис.-и канд. географ. наук. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2005. 16 с.
- Якимец В.Н.** Подземные ядерные взрывы в мирных целях в Якутии (Россия). В кн.: Ядерная энциклопедия / Ред. А.А. Ярошинская. М., 1996. С. 211–212.

Приложение 1

Основные понятия, единицы измерения радиоактивности и нормы радиационной безопасности

Радиоактивность — процесс выделения энергии в результате самопроизвольного распада ядер нестабильных изотопов химических элементов.

Единица радиоактивности — **Беккерель** (Бк) и **Кюри** (Ки).

1 Бк = 1 распад в секунду любого радионуклида.

1 Ки = радиоактивность одного грамма радия в равновесии с продуктами его распада.

1 Ки = 3 700 000 000 Беккерелей ($3,7 \times 10^{10}$ Бк);

1 килоКюри (кКи) = $3,7 \times 10^{13}$ Бк;

1 миллиКюри (мКи) = $3,7 \times 10^7$ Бк;

1 микроКюри (мкКи) = $3,7 \times 10^4$ Бк;

1 наноКюри (нКи) = 37 Бк;

1 пикоКюри (пКи) = $3,7 \times 10^{-2}$ Бк.

Радионуклид — нуклид, обладающий радиоактивностью, радиоактивный атом с данным массовым числом и атомным номером.

Ионизация — разделение электрически нейтрального атома или молекулы на отрицательно и положительно заряженные частицы (ионы). При ионизации происходит отрыв отрицательно заряженного электрона от атома. В организме ионизация атомов в небольших молекулах (вода, сахара, аминокислоты) ведёт к образованию свободных радикалов (радиолиз). Ионизация атомов в макромолекулах (белки и др.) нарушает их функционирование.

Ионизирующее излучение — излучение, которое возникает при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и которое ведёт к ионизации облучаемой среды — образованию положительных и отрицательных ионов, свободных радикалов и электронов.

Ионизирующее излучение бывает корпускулярным (альфа-, бета-, нейтронное и мезонное излучение) и электромагнитным (рентгеновское излучение, гамма-излучение).

Альфа-частицы — ядра атома гелия (два протона + два нейтрона) — испускаются при распаде радионуклидов тяжелее свинца; пробег в атмосфере несколько сантиметров, в живых тканях — не более 0,1 мм. Исключительно опасны при попадании внутрь организма.

Бета-частицы (электроны, позитроны) — могут испускаться всеми без исключения радионуклидами; пробег в атмосфере несколько метров, в живых тканях — несколько микрон; опасны и при попадании на поверхность тела, и внутрь организма.

Гамма-излучение — самое коротковолновое электромагнитное излучение в форме выброса порции, или квантов, энергии (фотонов), образующихся в ходе ядерных реакций и при распаде осколков деления; пробег в атмосфере сотни метров, пронизывают живые организмы насквозь; опасны для всего живого при любой форме воздействия.

Рентгеновское излучение — электромагнитное излучение, возникающее при взаимодействии заряженных элементарных частиц или фотонов с атомами различных веществ (в спектре между гамма- и ультрафиолетовым излучением).

Нейтронное излучение (нейтроны — корпускулярные частицы, не имеющие заряда) — возникает только при реакции деления и синтеза ядер (в основном при цепной ядерной реакции, но не при обычном радиоактивном распаде); в свободном состоянии живут 12 минут, распадаясь на протон и электрон. Пробег в атмосфере — в зависимости от скорости — до сотни метров, в живых тканях проникает на большую глубину и потому очень опасно.

Мезонное излучение — вызывается легчайшими внутриядерными элементарными частицами, пи-мезонами, масса которых почти в 300 раз больше массы электрона. При взаимодействии с ядрами атомов в живых тканях выделяется колоссальное количество энергии («микровзрывы») и поэтому крайне опасно для живых структур.

Доза излучения — мера радиационного воздействия, количество энергии ионизирующего излучения, полученное облучаемым веществом (организмом, органом). Величина дозы излучения зависит как от вида, интенсивности и длительности излучения, так и от особенностей облучаемого вещества (организма, органов). В процессе облучения доза излучения со временем может накапливаться.

1. Экспозиционная доза — количество энергии рентгеновского и гамма-излучения, действующего на объект и вызывающего ионизацию воздуха.

Единица экспозиционной дозы — **Рентген (Р)**. Один Рентген соответствует гамма-излучению одного кубического сантиметра (0,001293 г) сухого воздуха, при нормальном атмосферном давлении, при котором образуется 2 080 000 000 пар ионов (что соответствует электрическому заряду в 1 Кулон) = 0,11 эрг/см³ воздуха. Доза в один Р накапливается за час на расстоянии 1 м от источника излучения, эквивалентного одному грамму радия.

1 Рентген = 1000 миллиРентген (мР) = 1 000 000 микроРентген (мкР).

2. Поглощённая доза — количество энергии любого вида ионизирующего излучения, поглощённой единицей массы облучаемого вещества (основная дозиметрическая величина).

Единица дозы — **Грей**. Один Грей (Гр) = энергии в 1 Джоуль (Дж), поглощённой массой в 1 кг = 100 эрг/г = 100 рад (radiation absorbed dose).

3. Эквивалентная доза — поглощённая доза для разных видов ионизирующего излучения, вызывающая тот же биологический эффект (основная дозиметрическая величина для оценки ущерба здоровью человека от хронического воздействия излучения любого состава). Зависит от качества облучения, т.е. от линейной плотности ионизации — числа пар ионов, образующихся при разных видах облучения на единицу пути в облучаемом веществе.

Взвешивающий коэффициент для бета-, гамма-, и рентгеновского излучения (т.е. для фотонов и электронов) — 1; для альфа-излучения, осколков деления, тяжёлых ядер и сверхбыстрых нейтронов — коэффициент 20, для быстрых нейтронов — коэффициент 10, для медленных нейтронов — коэффициент 3.

Единица эквивалентной дозы **Зиверт**. Один Зиверт (Зв) = 100 бэр (биологический эквивалент рентгена).

Эффективная доза — сумма произведений эквивалентной дозы в органах и тканях, на коэффициенты их радиочувствительности (например, для семенников и яичников коэффициент 0,20; для костного мозга, желудка, легких — 0,12; для головного мозга, грудной и щитовидной желез, печени — 0,05; для кожи — 0,01).

Сумма индивидуальных эффективных доз группы людей составляет коллективную

эффективную эквивалентную дозу, измеряемую в человеко-зивертах (чел.-Зв). Коллективная эффективная эквивалентная доза для многих поколений за всё время существования определённого источника радиации — ожидаемая (полная) эффективная эквивалентная доза.

Мощность дозы — количество энергии излучения, поглощаемое единицей массы вещества в единицу времени. Мощность экспозиционной дозы Рентген в единицу времени, например, Рентген в час (Р/ч), миллиРентген в час (мР/ч), микроРентген в час (мкР/ч).

Мощность эквивалентной дозы — Зиверт в единицу времени, например, миллиЗиверт в год (мЗв/год), микроЗиверт в час (мкЗв/ч).

Радиоактивное загрязнение территории выражается в Кюри на квадратный километр (Ки/км²) или в Беккерелях на квадратный километр (Бк/км²).

Радиоактивное загрязнение жидкости, продуктов и других веществ выражается в Беккерелях на литр или килограмм (Бк/л, Бк/кг).

Ориентировочное соотношение единиц радиоактивности и доз

Величина	Единица измерения		Соотношение
Активность радионуклида	система СИ	Кюри (Ки)	1 Ки = $3,7 \times 10^{10}$ Бк
Экспозиционная доза	Кулон на кг (Кл/кг)	Рентген (Р)	1 Р = $2,58 \times 10^{-4}$ Кл/кг
Мощность экспозиционной дозы	Ампер на килограмм (А/кг)	Рентген в секунду (Р/с)	1 Р/с = $2,58 \times 10^{-4}$ А/кг
Поглощённая доза	Грей (Гр)	Рад (рад)	1 рад = 0,01 Гр
Мощность поглощённой дозы	Грей в секунду (Гр/с)	Рад в секунду (рад/с)	1 рад/с = 0,01 Гр/с
Эквивалентная доза	Зиверт	Бэр	1 бэр = 0,01 Зв
Мощность эквивалентной дозы	Зиверт в секунду (Зв/с)	Бэр в секунду (бэр/с)	1 бэр/с = 0,01 Зв/с
Концентрация радионуклида	Бк/м ³ (Бк/л)	Ки/м ³ (Ки/л)	1 Ки/м ³ = $3,7 \times 10^{10}$ Бк/м

Некоторые практические соотношения

Облучение	Соответствует
Фоновое естественное облучение 0,3-0,6 мЗв в год	Экспозиционной дозе 5-30 мкР/ч
Уровень загрязнения территории в 1 Ки/км ² ($3,7 \times 10^4$ Бк/м ²)	Экспозиционной дозе 10 мкР/ч на высоте 1 м
Загрязнение территории 5 Ки/км ²	Эффективной эквивалентной дозе $\approx 7,35$ мЗв/год
Загрязнение территории 15 Ки/км ²	Эффективной эквивалентной дозе ≈ 22 мЗв/год
Загрязнение территории 40 Ки/км ²	Эффективной эквивалентной дозе $\approx 58,5$ мЗв/год
Экспозиционная доза 1 мкР/ч	Внешнему облучению 0,005 мЗв/год
1 бэр/год	80 мкР/ч на протяжении года
5 бэр/год	600 мкР/ч на протяжении года

Рентгенография грудной клетки дает облучение около 0,05 мЗв.

1 Джоуль/кг = 1 Грей = 100 Рентген = 100 рад = 100 Бэр = 1 Зиверт.

1 Рентген = 0,88 рад (для гамма- и рентгеновского излучения).

Для гамма-излучения коэффициент перехода от экспозиционной дозы по воздуху к эффективной дозе (для человека): 1 мкР/ч \approx 0,01 мкЗв/ч.

Допустимые пределы эффективной дозы (Нормы радиационной безопасности-99)*

Для персонала	Для населения
20 мЗв в год**	1 мЗв в год***

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками ионизирующего излучения, поступление радионуклидов в организм не должно превышать за год 1/20 предела годового поступления для персонала (то есть 1 мЗв в год).

Эффективная доза, обусловленная облучением природными источниками ионизирующего излучения в производственных условиях, для работников, не относящихся к категории «персонал», не должна превышать 5 мЗв/год.

Допустимые пределы концентрации радионуклидов, Бк/л (НРБ-99)

Радионуклиды	Вода	Молоко	Другие продукты	Детское питание
Стронций-90	125	125	750	75
Йод-131	500	500	2000	150
Плутоний-239	20	20	80	1
Цезий-134/137	1000	1000	1250	400

Практически все радиационные нормы и риски основаны не на прямо измеряемых дозах облучения, а на средних расчётных величинах. Большинство расчётов относится к так называемому «условному человеку» (которым считается 20-летний здоровый мужчина белой расы). Поскольку и индивидуальная радиочувствительность, и время нахождения (инкорпорации) радионуклидов, попавших с воздухом, водой и пищей в тело человека, а также предпочитаемая диета у разных людей значительно различается, то определение эквивалентной (эффективной) дозы напоминает определение «средней температуры по больнице».

Более объективным (не принятой официально) является индивидуально определяемое содержание радионуклидов в теле человека на так называемых счётчиках индивидуального излучения (СИЧ). Относительно безопасным считается уровень в 70-75 Бк/кг инкорпорированного цезия-137 у взрослых и 30-50 Бк/кг у детей. При уровне накопления цезия-137 в организме детей более 28 Бк/кг (ориентировочно в среднем происходит при дополнительной к естественному облучению дозовой нагрузке в 0,1 мЗв/год) рекомендуется принимать меры по ускорению выведения радионуклидов из организма (например, с помощью включения в рацион пектинсодержащих продуктов).

Накопленную за жизнь дозу облучения можно определить (с точностью до 10-15%) по изменениям кристаллической решетки в эмали зуба (ЭПР-дозиметрия), по числу нарушений в строении хромосом в лимфоцитах крови и по числу мутаций в мини-сателлитной ДНК.

* Официально принимается, что от такого облучения дополнительно на протяжении 70 лет один человек из миллиона дополнительно заболевает ежегодно, и 50 человек дополнительно погибают на протяжении 70 лет (что статистически приемлемо). Однако, по мнению Европейской комиссии радиационного риска (международная неправительственная организация), существующие нормы радиационной безопасности многократно занижают реальные риски техногенного облучения и поэтому должны быть многократно ужесточены. Косвенно об этом говорит и тенденция официального сокращения безопасной дозы (15 мЗв в 1952 г., 5 мЗв в 1959 г. и 1 мЗв в 1990 г.). По мнению автора, действительно безопасными могут быть дозы техногенного облучения не выше 0,02 мЗв/год (в 50 раз меньше, чем существующие).

** Для любых последовательных пяти лет, но не более 50 мЗв в год.

*** Для любых последовательных пяти лет, но не более 5 мЗв в год.

Приложение 2

Об уровнях природного радиоактивного излучения в Иркутской области

На большей части обитаемой поверхности суши уровень естественного ионизирующего гамма-излучения от радиоизотопов земной коры составляет около 0,3-0,6 миллиЗиверт в год (соответствует экспозиционной дозе 5-30 микроРентген в час), а от космического облучения — около 0,03 мЗв/год.

В некоторых районах Восточной Сибири (Саянах, Иркутской области, Якутии, Бурятии и Забайкалье) уровень природного гамма-излучения повышенный и достигает 0,9-1,2 мЗв/год. Но на большей части территории Иркутской области мощность дозы гамма-излучения не превышает 0,20 мкЗв/ч (22 мкР/ч).

Основное естественное облучение люди в Сибири получают от радиоактивного газа радона, возникающего среди продуктов радиоактивного распада по цепочке уран-238–радий-226–радон-222–свинец-210–полоний-210. Если в среднем в мире поток радона из почвы в атмосферу составляет 0,015 Бк/м²•сек, то в некоторых местах Прибайкалья во много раз больше (0,03-0,16 Бк/м²•сек).

Около 5% площади Иркутской области слагают высокорadioактивные горные породы (граниты, гнейсы и др.) с величиной удельной эффективной активности более 370 Бк/кг. Мощность дозы гамма-излучения (т.н. гамма-фон) на этих участках превышает уровень 0,40-0,70 мкЗв/ч, допустимый для жилого строительства. В результате около 40% территории Иркутской области относится к зоне потенциальной радоновой опасности и 24% — к зоне высокой радоновой опасности (Госдоклад, 1996).

Наибольшие концентрации радона наблюдаются в одноэтажных домах, с плохой вентиляцией и без защиты от проникновения радона из почвы. В 10-30% жилых домов в посёлках Еланцы, Хужир, Куреть (Ольхонский район), Большое и Малое Голоустное, Большие Коты, Карлук, Большая Речка, Листвянка (Иркутский район), Шаманка и Подкаменная (Шелеховский район), Култук (Слюдянский район), а также в посёлке Усть-Ордынский превышены санитарные нормы по радону (100 Бк/м³). Почти во всех городах области были выявлены здания, в которых обнаружены концентрации радона более 100 Бк/м³ — в Иркутске, Усолье-Сибирском, Усть-Куте, Железногорске, Усть-Илимске, Киренске. В 85% домов посёлка Белая Зима Тулунского района среднегодовые содержания радона превышали 100 Бк/м³, в 15% — 400 Бк/м³, (максимально — до 1500 Бк/м³). Территория этого посёлка по радиационной обстановке была отнесена к зоне экологического бедствия, и его жители были переселены.

Приложение 3

АТОМНЫЙ АРХИПЕЛАГ (карта атомных объектов и загрязнённых территорий России)*

I — Добыча урана

- 1 — Лермонтов, Ставропольский край (добыча велась в 1953–1991 гг.);
- 2 — Зауральский урановый район, Курганская обл. (добыча ок. 1 тыс. т/год);
- 3 — Стрельцовский район, Забайкальский край (ок. 3 тыс. т/год);
- 4 — Витимский район, Бурятия. (ок. 1 т/год);
- 5 — Эльконский резервный урановый район (Якутия, планируется добыча ок. 5 тыс. т/год);
- 6 — Восточно-Забайкальский резервный урановый район (Забайкальский край, ок. 1 тыс. т/год). В восточных районах накоплено свыше 150 млн т радиоактивных отходов.
- 7 — Красноуфимск, Свердловской обл. (место хранения с 1960 г. 83 тыс. т монацитового концентрата из Бразилии, Индии, Забайкалья; запасы были созданы в годы «холодной войны» с целью получения тория для производства ядерных зарядов).

II — Обогащение урана

- 8 — Уральский электрохимический комбинат (УЭХК), Новоуральск, Свердловская обл. (здесь же хранилище ВОУ**);
 - 9 — Сибирский химический комбинат (СХК), Северск, Томская обл.;
 - 10 — Электрохимический завод (ЭХЗ), Зеленогорск, Красноярский край;
 - 11 — Ангарский электролизный химический комбинат (АЭХК), Ангарск, Иркутская обл.
- Хранение на открытых площадках накопленного ОГФУ (российского — более 700 тыс., западноевропейского — ок. 125 тыс. т).

III — Транспортировка ядерно-радиационных материалов

- 12 — Усть-Луга, Ленинградская обл. (склад для экспорта/импорта ГФУ; ввод запланирован на 2010 г.);
- 13 — маршрут транспортировки ОЯТ в Японии и других стран при реализации планов Росатома об организации на территории России пунктов долгосрочного хранения ОЯТ.

IV — Производство ядерного топлива

- 14 — Машиностроительный завод (МСЗ), Электро-сталь, Московская обл. (производство ВОУ-топлива, хранилища делящихся материалов**);
- 15 — Новосибирский завод химических концентратов (НЗХК), Новосибирск (производство ВОУ- и НОУ*-топлива, литья, хранилища делящихся материалов);
- 16 — Чепецкий механический завод (ЧМЗ), Глазов, Республика Удмуртия (производство НОУ-топлива и металлургического урана);
- 17 — Ульяновский металлургический завод (УМЗ), Усть-Каменогорск, Казахстан (производство НОУ-топлива).

V — Производство плутония

- 18 — Горно-химический комбинат (ГХК), Железногорск, Красноярский край (3 промышленных реактора, выведенные из эксплуатации; хранилища делящихся материалов, самое крупное в России хранилище ОЯТ, закатка жидких РАО в подземные горизонты; радиоактивное загрязнение Енисея в результате многолетних сбросов жидких РАО);
- 19 — ПО «Маяк», Озёрск, Челябинская обл. (7 промышленных реакторов, 5 выведены из эксплуатации; производство радиоизотопов и трития; хранилища деля-

щихся материалов, РАО; на завод по переработке ОЯТ; радиоактивное загрязнение Обь-Иртышского бассейна в результате многолетних сбросов жидких РАО в открытые водоёмы);

9 — Сибирский химический комбинат (СХК), Северск, Томская обл. (5 промышленных реакторов, выведенные из эксплуатации; хранилища делящихся материалов, РАО; закатка жидких РАО в подземные горизонты, загрязнение бассейна реки Тотьма в результате многолетних радиоактивных сбросов).

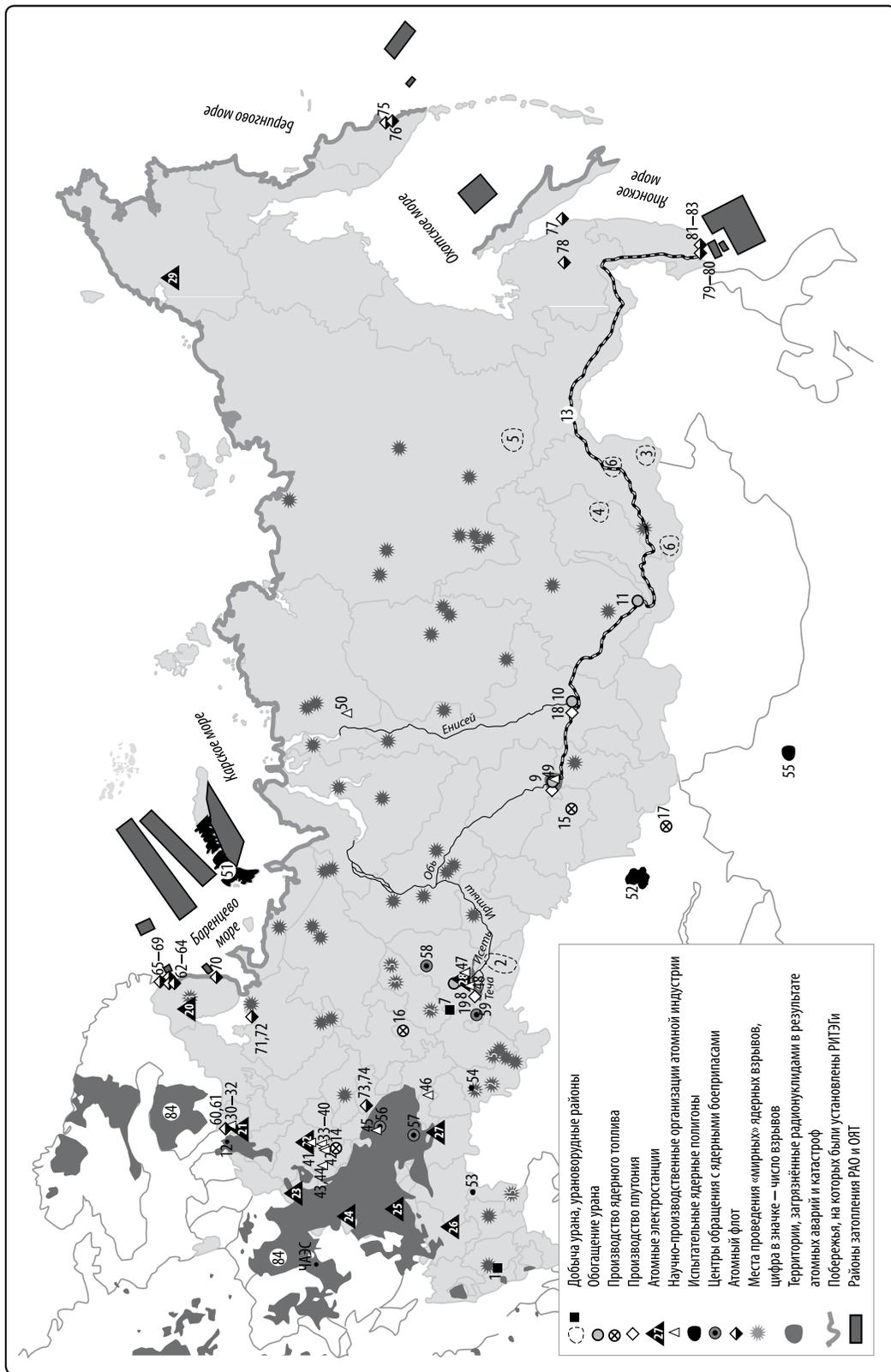
VI — Атомные электростанции

- 20 — Кольская АЭС (Полярные Зори, Мурманская обл.; 4 реактора);
- 21 — Ленинградская АЭС (Сосновый Бор, Ленинградская обл.; 4 реактора, планируются ещё 3);
- 22 — Калининская АЭС (Удомля, Тверская обл.; 3 реактора, планируются ещё 1);
- 23 — Смоленская АЭС (Десногорск, Смоленская обл.; 3 реактора);
- 24 — Курская АЭС (Курчатов, Курская обл.; 4 реактора, планируются ещё один);
- 25 — Нововоронежская АЭС (Нововоронежск, Воронежская обл.; из 5 реакторов 2 остановлены, планируются ещё 1);
- 26 — Волгодонская АЭС (Волгодонск, Ростовская обл.; 1 реактор, планируются ещё 3);
- 27 — Балаковская АЭС (Балаково, Саратовская обл.; 4 реактора);
- 28 — Белоярская АЭС (Белоярский, Свердловская обл.; из 3 реакторов 2 остановлены, планируются ещё 1);
- 29 — Билибинская АЭС (Билибино, Магаданская обл.; 4 реактора).

* Составлено по данным разных авторов.

** ВОУ, НОУ — высоко- и низкообогащённый уран.

*** Делящиеся материалы — плутоний и обогащённый уран.



Из 31 атомного реактора 9 отработали проектные сроки, но их эксплуатация продлена. При всех АЭС находят временные хранилища ОЯТ, как правило, почти заполненные.

VII — Научно-производственные организации атомной индустрии

- 30 — Радиевый институт им В.Г. Хлопина, Санкт-Петербург, отделение в Игачине (производство радиоизотопов, хранилище делящихся материалов);
- 31 — Петербургский институт ядерной физики, Санкт-Петербург (2 исследовательских реактора, хранилище делящихся материалов);
- 32 — Центральный научно-исследовательский институт им. А.И. Крылова, Санкт-Петербург (1 исследовательский реактор);
- 33 — ВНИИ неорганических материалов им А.А. Бочваря, Москва (разработка топлива для реакторов, хранилище делящихся материалов);
- 34 — Институт микробиологических проблем, Москва (1, строящийся исследовательский реактор);
- 35 — Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ), Москва (2 исследовательских реактора, хранилище делящихся материалов);
- 36 — Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, Москва (10 исследовательских реакторов, хранилище делящихся материалов);
- 37 — Московский инженерно-физический институт (МИФИ), Москва (3 исследовательских реактора, хранилище делящихся материалов);
- 38 — Научно-исследовательский и конструкторский институт энергетической технологии (НИКИЭТ), Москва (1 реактор, выведен из эксплуатации; хранилище делящихся материалов);
- 39 — Научно-исследовательский институт приборостроения (НИИПИ), Лыткарино, Московская обл. (5 исследовательских реакторов, выведены из эксплуатации);
- 40 — Центральный физико-технический институт Минобороны (ЦФТИ), Сергиев Посад, Московская обл.

(3 исследовательских реактора, хранилище делящихся материалов);

- 41 — Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ), Дубна, Московская обл. (2 исследовательских реактора);
- 42 — НПО «Луч», Подольск, Московская обл. (производство топливных элементов, космических ЯЭУ, 3 исследовательских реактора, хранилище делящихся материалов);
- 43 — Физико-Энергетический институт (ФЭИ), Обнинск, Калужская обл. (3 исследовательских реактора, хранилище делящихся материалов);
- 44 — НИИ физико-химического института им. Л.Я. Карпова (НИИФХ), Обнинск, Калужская обл. (производство изотопов, 1 реактор);
- 45 — Всероссийский НИИ экспериментальной физики (ВНИИЭФ), Саров, Нижегородская обл. (6 исследовательских реакторов, 3 хранилища делящихся материалов);
- 46 — Научно-исследовательский институт атомных реакторов (НИИАР), Дмитровград, Ульяновская обл. (8 реакторов, производство МОКС-топлива и радиоизотопов, заправка ЖРО в подземные горизонты);
- 47 — Екатеринбургский филиал НИКИЭТ, Заречный, Свердловская обл. (1 исследовательский реактор, хранилище делящихся материалов);
- 48 — Всероссийский НИИ технической физики (ВНИИТФ), Снежинск, Челябинская обл. (3 исследовательских реактора, хранилище делящихся материалов);
- 49 — Томский политехнический университет, Томск (1 исследовательский реактор);
- 50 — Норильский горно-металлургический комбинат им. А.П. Завенягина, Норильск (самый северный в мире атомный реактор, исследовательский; работал в 1966–1999 гг.).

VIII — Исследовательские ядерные полигоны

- 51 — Новоземельский испытательный полигон (1955–1990 гг. — 135 ядерных взрывов: 87 в атмосфере, 3 подводных и 42 подземных);

52 — Семипалатинский испытательный полигон, Казахстан (1949–1989 гг. — не менее 456 ядерных взрывов: 116 атмосферных и 340 подземных);

53 — Полигон «Капустин Яр», Астраханская обл. (1957–1962 гг. — 10 атмосферных ядерных взрывов; в 1956 г. отсюда была запущена ракета на берег Аральского моря с ядерной боеголовкой);

54 — Тоцкий войсковой полигон, Оренбургская обл. (войсковые учения с применением ядерного оружия 14.09.1954 г.);

55 — Испытательный полигон «Лобнор», Китай (1964–1996 гг. — 47 ядерных взрывов: 23 атмосферных и 24 подземных).

IX — Центры обращения с ядерными боеприпасами

- 56 — Электромеханический завод «Авангард», Саров, Нижегородская обл. (хранилище делящихся материалов);
- 57 — ПО «Старт», Заречный, Пензенская обл. (хранилище делящихся материалов);
- 58 — Комбинат «Электромашприбор», Лесной, Свердловская обл. (хранилище делящихся);
- 59 — Приборостроительный завод (ПСЗ), Трёхгорный, Челябинская обл. (хранилище делящихся материалов).

X — Атомный флот

- 60 — Адмиралтейские верфи, Санкт-Петербург (строительство АПЛ*);
- 61 — Балтийский завод, Санкт-Петербург (строительство надводных кораблей с ЯЭУ, строительство плавучей АЭС);
- 62 — Атомфлот, Мурманск (6 атомных ледоколов и 1 атомный контейнеровоз, 3 выведенных из строя атомных ледоколов);
- 63 — Судоремонтный завод «Севморпуть», Мурманск (выведенные из строя АПЛ);
- 64 — Североморск (три крейсера с ЯЭУ);
- 65 — Судоремонтный завод «Нерпа», Снежногорск,

* АПЛ — атомная подводная лодка.

Мурманская обл. (ремонт АПЛ, выведенные из строя АПЛ, хранилище твёрдых РАО);
 66 — Судоремонтный завод «Шквал», Полярный, Мурманская обл. (ремонт АПЛ, выведенные из строя АПЛ);
 67 — База АПЛ «Западная Лица», Мурманская обл. (действующие и выведенные из строя АПЛ; в Андрейской губе — самое большое в ВМФ хранилище ОЯТ, жидких и твёрдых РАО);

68 — База АПЛ «Гаджиево», Мурманская обл. (действующие и выведенные из строя АПЛ, хранилище жидких и твёрдых РАО);

69 — База АПЛ «Видялево», Мурманская обл. (действующие и выведенные из строя АПЛ);
 70 — База АПЛ «Премиха», Мурманская обл. (загрузка и выгрузка топлива АПЛ, хранилища ОЯТ и твёрдых РАО, выведенные из строя АПЛ);

71 — Севмашпредприятие, Северодвинск, Архангельская обл. (самая крупная в мире верфь для строительства АПЛ; в 2002–2008 гг. — место строительства плавающей АЭС);

72 — Машиностроительное предприятие «Звёздочка», Северодвинск, Архангельская обл. (ремонт АПЛ и других атомных кораблей, хранилище ОЯТ и твёрдых РАО);

73 — Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова («ОКБМ Африкантов»), Нижний Новгород (строительство атомных реакторов для АПЛ и плавающей АЭС);

74 — Судостроительный завод «Красное Сормово», Нижний Новгород (строительство АПЛ);

75 — Судоремонтный завод «Горняк», Петропавловск-Камчатский (выгрузка и загрузка топлива, ремонт АПЛ);
 76 — База АПЛ «Рыбачий», Вилючинск, Камчатский край (крупнейшая в российском флоте база; действующий АПЛ, выведенные из строя АПЛ; хранилища РАО);

77 — База АПЛ «Советская Гавань», Хабаровский край (бывшая база ВМФ «Заветы Ильича»; хранение выведенных из строя АПЛ);

78 — Амурский судостроительный завод, Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край (строительство АПЛ);

79 — Дальневосточный завод «Звезда», Большой Камень, Приморский край (ремонт АПЛ, выгрузка топлива, разделка выведенных из строя АПЛ);

80 — Судоремонтный завод «Чажма», Приморский край (ремонт АПЛ, утилизация выведенных из строя АПЛ);

81 — Мыс Сысоева («Установка-927-III»), Приморский край (хранилище ОЯТ и твёрдых РАО).

82 — Бухта Павловского, Приморский край (действующий АПЛ, атомный крейсер «Адмирал Лазарев, атомный корабль «Урал», хранение выведенных из строя АПЛ);

83 — Бухта Разбойник, Приморский край (бывшая база ВМФ, хранение выведенных из строя АПЛ).

XI — Территории, загрязнённые радионуклидами в результате атомных аварий и катастроф

84 — Территории России, Украины, Беларуси (частично показана Европа), загрязнённые цезием-137 в результате Чернобыльской аварии (26.04.1986 г.) на уровне 1 и выше Ки/км² на конец 1986 г.;

19 — Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), образовавшийся в результате взрыва 29.09.1957 г. ёмкости с высокоактивными отходами на ПО «Маяк» (в зоне радиационной загрязнения оказалась территория трёх областей: Челябинской, Свердловской и Тюменской с населением 270 000 человек, которые проживали в 217 населённых пунктах);

9 — Загрязнение окрестностей Северска в результате взрыва 06.04.1993 г. на радиохимическом заводе СХК;

72 — Радиоактивный выброс 12.02.1965 г. в результате несанкционированного пуска реактора АПЛ, сопровождавшегося пожаром, на судоремонтном заводе «Звёздочка»;

74 — Радиоактивный выброс в 1970 г. в результате несанкционированного пуска реактора АПЛ, сопровождавшегося пожаром, на судостроительном заводе «Красное Сормово»;

80 — Сильное радиационное загрязнение прибрежной территории и акватории, многочисленные жертвы в результате взрыва 10.08.1985 г. реактора на АПЛ К-431 при перезагрузке ядерного топлива на судоремонтном заводе в бухте Чажма.

XII — Районы затопления реакторов АПЛ, твёрдых РАО, ОЯТ и слива жидких РАО

С 1959 г. по 1991 г. Северный флот ВМФ и атомный флотокорпус флота Мурманского Морского пароходства регулярно производили захоронение РАО, ОЯТ, реакторов АПЛ в прибрежных водах архипелага Новая Земля и в открытых районах Баренцевого и Карского морей в Арктике, а также в период 1966–1991 гг. на Дальнем Востоке — в Беринговом, Охотском и Японском морях (в Японском море последний зарегистрированный факт сброса жидких РАО имел место в 1993 г.).

XIII — Побережья, на которых были установлены РИТЭГи

Около 1000 РИТЭГов, все выработали свои проектные сроки. Большинство сосредоточено вдоль арктического побережья.

XIV — Места проведения подземных ядерных взрывов вне испытательных полигонов

В 1964–1988 гг. на территории России было осуществлено 81 ПЯВ «в мирных целях» (в местах, где было произведено больше одного взрыва, указано их число).

Проф. **А.В. Яблоков** — доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии наук, почётный иностранный член Американской академии искусств и наук, зам. председателя Комитета по экологии Верховного Совета СССР (1989–1991 гг.), советник по экологии и здравоохранению Президента России (1991–1993 гг.), председатель Правительственной комиссии по сбросу радиоактивных отходов в моря (1992–1993 гг.), организатор и председатель Межведомственной комиссии по экологической безопасности Совета безопасности РФ (1993–1996 гг.), член Европейской комиссии по радиационному риску (с 2002 г.), зам. председателя Научного совета РАН по проблемам экологии и чрезвычайным ситуациям (с 2000 г.), основатель и президент Центра экологической политики России (1993–2005 гг.), руководитель Программы по ядерной и радиационной безопасности Международного Социально-Экологического Союза (с 1997 г.). Автор более 22 монографий, сводок и учебных пособий по популяционной и эволюционной биологии, экологии, проблемам ядерной и радиационной безопасности. Лауреат международной премии «За безъядерное будущее».

Яблоков
Алексей Владимирович

«ЧУДИЩЕ ОБЛО, ОЗОРНО, ОГРОМНО, СТОЗЕВНО И ЛАЙЯ...»:
Рассказ эколога об атомной индустрии

Редактор: *Ю.Г. Жилина*
Дизайн и оригинал-макет: *Т.В. Высоцкая*



Иркутская региональная общественная организация
«Байкальская Экологическая Волна»
г. Иркутск, ул. Лермонтова, 140
тел.: (3952) 52-58-69, тел./факс: (3952) 52-58-70
yulia@baikalwave.eu.org
www.baikalwave.eu.org
Почта: 664033, г. Иркутск, а/я 21

Подписано в печать 04.09.09.
Бумага офсетная. Гарнитура Minion Pro. Печать офсетная.
Тираж 1 000 экз. Заказ 118_08.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ООО «Репроцентр А1»
664047, Иркутск, ул. Александра Невского, 99/2,
тел.: (3952) 540-940, e-mail: reprocentr_a1@mail.ru



Цербер

Вильям Блейк
(1757–1827)

Чудище обло, озёрно, огромно, стозёвно и лаяй — видоизменённая Александром Радищевым фраза, описывающая Цербера, существа из греческой мифологии. Означает: «Чудовище тучное, гнусное, огромное, со ста пастями и лающее».

Цербер охранял выход из царства мёртвых Аида, не позволяя умершим возвращаться в мир живых. Имел жуткий вид трёхглавого пса со змеиным хвостом. По другим описаниям, у него было 100 голов.

После публикации в 1790 г. книги А.Н. Радищева «Путешествие из Петербурга в Москву», обличавшей пороки крепостного строя, где фраза была использована в качестве эпитафии, она стала крылатой и стала использоваться для характеристики чего-либо зловещего, жуткого, вселяющего страх. Фраза-символ крайне негативного общественного явления.