

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

Е. А. МАМОНТОВ

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

САМАРА 1992

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РСФСР
ПО ДЕЛАМ НАУКИ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

Е. А. МАМОНТОВ

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Учебное пособие

САМАРА 1992

Охрана окружающей среды и основы экологии: Учеб. пособие /Е. А. Мамонтов; Самар. авиац. ин-т. Самара, 1992. 76 с. ISBN 5—230—16918—4.

С ускорением научно-технического прогресса увеличивается опасность для жизни людей. Так, для жителя ядерного века появилась возможность стать жертвой ядерного конфликта или погибнуть от облучения в результате аварий ядерных реакторов, чего не знали предшествующие поколения.

С усложнением технологических процессов возрос риск воздействия на работающего вредных факторов. Комплекс вопросов, обеспечивающих безопасность жизни человека: оценка риска события, анализ катастроф, создание условий, исключающих их появление, поведение человека в экстремальных ситуациях и т. д., — является предметом новой учебной дисциплины.

Настоящее пособие освещает часть материала учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», которая вводится в учебные планы для студентов всех специальностей САИ с 1991/92 учебного года, и включает вопросы сохранения среды обитания человека. Предназначается для студентов САИ, а также слушателей повышения квалификации ИТР. Подготовлено на кафедре охраны труда и окружающей среды.

Ил. 4. Библиогр.: 75 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С. П. Королева

Рецензенты: кафедра охраны труда Самарского политехнического института; М. Г. Бодриков

Студенты, так же как и часть нашего общества, в настоящее время не имеют достаточно четких представлений об основах экологии. Это обстоятельство связано, по-видимому, с двумя причинами: недостаточно корректным использованием терминов «экология», «экологический» средствами массовой информации и отсутствием литературы, специально предназначенной для первоначального изучения предмета. Телевидение, радио очень часто используют понятие «экологический» по любому поводу, идет ли речь о загрязнении водоемов или выбросах вредных веществ в окружающую среду, забывая при этом, что экология, являющаяся научной базой охраны окружающей среды, призвана изучать поведение живого вещества под влиянием этих отбросов. Это «широкое толкование» экологии укореняется в сознании студентов задолго до изучения предмета в вузе.

В последние годы по экологии и особенно по охране окружающей среды издано большое число монографий, сборников трудов, материалов конференций, которые могут быть использованы, в основном, специалистами. Целесообразность издания пособия для первоначального освоения основ охраны окружающей среды и экологии студентами и инженерами, ранее не изучавшими предмет, очевидна.

Экология в настоящее время переросла рамки науки, она стала методологией большинства наук — от металлургии и химии до этики, культуры и политики. Законы экологии едины, а области их проявления весьма разнообразны. Невозможно и, по-видимому, нецелесообразно создавать универсальное пособие по охране окружающей среды и основам экологии, которое в равной мере отвечало бы интересам и практике работы инженера-металлурга и биолога, психолога и химика и др.

Настоящее пособие предназначено для студентов специализаций авиакосмического и технологического профилей авиационного института. Оно может быть полезно как для повышения экологических знаний, так и для понимания конкретных экологических ситуаций применительно к указанным специализациям.

Автор благодарен проф. д-ру техн. наук Ю. А. Кнышу и д-ру техн. наук В. Л. Балакину за то, что они нашли возможность прочесть текст в рукописи и дать ценные замечания, которые были учтены при доработке пособия.

1. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1.1. БИОСФЕРА

Термин «биосфера» был введен в науку в 1875 году австрийским ученым Э. Зюсом (1831—1914). Его современная трактовка дана В. И. Вернадским (1863—1945): это «область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы» [60]. В биосфере живые организмы (живое вещество) и их среда обитания органически связаны и взаимодействуют друг с другом, образуя единую динамическую систему. В этой системе совокупная деятельность живых организмов (в том числе человека) проявляется как геохимический фактор общепланетарного (глобального) масштаба.

Три миллиарда лет тому назад кислорода, который составляет около половины массы Земли, в свободном состоянии не было. Не было и жизни на Земле. Затем появились бактерии, способные к фотосинтезу:



($h\nu$ — энергия фотона; h — постоянная Планка; ν — частота излучения, которое необходимо для активирования реакции). Они обеспечили накопление кислорода и простейших органических веществ на планете. Свободный кислород создал условия, необходимые для появления животного мира и образования биоценозов¹, которые определили лик Земли.

1.2. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

«Окружающая среда» и «биосфера» — понятия близкие, но не эквивалентные. Биосфера создана природой. Окружающая человека среда включает также элементы творения самого человека: жилые строения, промышленные предприятия, каналы, водохранилища и т. д. Человек, изменяя природную среду, активно воздействует на формирование биоценозов иной раз самым неожиданным образом. Так, строительство и рост

¹ Биоценоз — совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих данный участок суши или водоема и характеризующихся определенными отношениями между собой и приспособленностью к условиям окружающей среды.

городов способствовали увеличению численности ворон². По оценкам орнитологов, в нашей стране в настоящее время насчитывается 100 миллионов ворон. Гнездятся они в парках и скверах на высоких деревьях. В зимнее время питаются на свалках мусора и пищевых отходов. Вороны наносят огромный вред, разоряя гнезда и поедая птенцов более мелких птиц. Деревья и кустарники наших городов поэтому оказываются беззащитными против нашествия различного рода вредителей растений.

До недавнего времени биосфера представляла собой саморегулирующуюся систему. Растения, погибая, становились источником жизни других растений и животных, и эти процессы происходили миллионы лет на протяжении геологических эпох. «Отходы» деятельности живого вещества на Земле, например известняки, ракушечники, накапливались медленно. Поэтому природные процессы, если их рассматривать в масштабах жизни одного или нескольких поколений людей, можно считать «безотходными». Однако в период научно-технической революции вмешательство человека в природные процессы достигло таких масштабов, что природа уже не в состоянии справиться с антропогенными нарушениями ее баланса. Так, например, вулканы всего мира выбрасывают на поверхность ежегодно (в среднем) 16 кубокилометров вещества, а человек в результате своей производственной деятельности поднимает на-гора 60 кубокилометров горной породы. Биосфера — окружающая человека природная среда — нуждается в защите (охране). Предмет охраны окружающей среды следует из ее определения. Охрана окружающей среды — это система государственных и общественных мероприятий и средств, обеспечивающих рациональное взаимодействие между деятельностью человека и окружающей его природной средой [41].

Задачи охраны окружающей среды: сохранение и восполнение природных богатств; рациональное использование природных ресурсов; поддержание биосферы в состоянии, пригодном для существования человека без ущерба для его здоровья.

Методы охраны окружающей среды: наблюдение и контроль (мониторинг); машинные эксперименты; законодательное закрепление мер борьбы с негативным влиянием деятельности человека на биосферу. Мониторинг окружающей среды предполагает наличие средств непрерывного контроля за состоянием атмосферного воздуха, водоемов, почв. В Советском Союзе из-за отсутствия таких средств мониторинг осуществляется преимущественно путем отбора проб, что позволяет предприятиям про-

² См.: Благосклонов К. Н. Птицы в городе // Природа. 1981. № 5. С. 43—52.

изводить неконтролируемые залповые выбросы вредных веществ в атмосферу. Любые натуральные эксперименты с природой недопустимы, так как нагрузка на биоценозы может привести к необратимым последствиям. Прогнозы поведения живых сообществ в различных ситуациях делаются на основании решения математических моделей с помощью вычислительной техники.

1.3. ЭКОЛОГИЯ

Научной базой охраны окружающей среды является экология³. Термин «экология» был предложен Э. Геккелем в 1866 году. Экология — наука об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей средой. Объектами экологии могут быть популяции⁴, виды, сообщества, экосистема и биосфера в целом [60]. Экология сформировалась к 40-м годам нашего века. Фундаментальные открытия в области экологии, например представление о размножении живых организмов по правилу геометрической прогрессии, были сделаны задолго до ее официального оформления как науки. Экология — фундаментальный раздел биологической науки — в последнее время проникла в подавляющее большинство областей знания (произошла экологизация всего знания). Появились: экология человека⁵, инженерная экология, экология города, химическая экология и т. д. Экология поэтому может рассматриваться не как наука, а как методологический общенаучный подход. Четыре основных закона экологии, сформулированные в виде афоризмов в 60-х годах американским биологом Б. Коммонером («все связано со всем», «все должно куда-то деваться», «ничто не делается даром» и «природа знает лучше»), приложимы к любой науке и области практики. Мир переживает сейчас экологическую революцию. Все современные глобальные проблемы, например проблемы голода, энергетики, использования ресурсов Мирового океана, ядерной войны и др., по своей сути экологические [53, 61].

Основная, самая актуальная научно-прикладная задача экологии — проблема устойчивости экологических систем (биосферы, отдельных природно-климатических зон, сообществ живых организмов и другие). Под устойчивостью подразумевается са-

³ От греческого экос — дом, жилище, местопребывание; логос — наука.

⁴ Популяция — совокупность особей одного вида, длительно занимающих определенное пространство и воспроизводящая себя в течение большого числа поколений [1].

⁵ Экология человека изучает общие закономерности взаимоотношений природы и общества.

мовосстановительный потенциал экологических систем, способность живого вещества ассимилировать выбросы посторонних веществ. Если удастся оценить эти способности [16], то в каждом конкретном случае мы можем согласовать с ними силу и масштабы своих воздействий, обеспечить сохранность природной и окружающей среды, необходимой для нашей собственной жизни. Если воздействие человека не согласовано с возможностями самовосстановления природы, то, осуществляя хозяйственную деятельность, очень легко перешагнуть тот невидимый рубеж, с которого начинаются необратимые последствия. В результате окружающая среда становится непригодной для обитания человека. Наступает экологическая катастрофа. Предотвратить экологическую катастрофу возможно только на первом этапе, когда экологическая система еще не потеряла устойчивость. Из сказанного очевидно, что оценка устойчивости экологической системы может быть выполнена только путем математического моделирования. Эксперименты с природой недопустимы. В литературе встречается точка зрения, что поведение экологических систем не предсказуемо в принципе [61]. Оставив в стороне дискуссию на эту тему, следует иметь в виду, что решение любой экологической задачи всегда содержит элементы неопределенности. Поэтому мы должны постоянно контролировать и оценивать последствия нашего вмешательства в естественные процессы, чтобы вовремя исправить неизбежные ошибки хозяйственной деятельности, пока экологическая система еще не вышла из-под контроля.

2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ

Различают глобальные (общепланетарные) и региональные экологические катастрофы. Глобальной экологической катастрофой считают такое изменение биосферы, в результате которого она становится не пригодной для существования большинства живых существ на Земле. Происходит массовое вымирание живых организмов. История развития биосферы, воссозданная на основании исследований ископаемых останков живых существ, свидетельствует о глобальных экологических катастрофах, которые за 4 миллиарда лет развития Земли не менее 5 раз приводили к массовой гибели живых организмов [31, 54]. Последний экологический кризис разразился на рубеже мезозойской и кайнозойской эр 65 миллионов лет тому назад. Тогда погиб-

ло 75 % живых существ, в том числе динозавры [3]. Причиной этих катастроф были природные явления (человек тогда еще не существовал).

Региональные экологические катастрофы имеют локальный характер и сопровождаются гибелью биоценозов.

Далее будут рассматриваться экологические катастрофы антропогенного происхождения, катастрофы, порожденные человеком, его производственной деятельностью.

3. РАЗРУШЕНИЕ СЛОЯ ОЗОНА

По оценкам специалистов, разрушение слоя озона — глобальная экологическая катастрофа, которая ближе других стоит у порога нашего дома. Большую озабоченность ученых и общественности вызвали сообщения последнего времени о прогрессирующем разрушении озонового слоя. Озон — аллотропная модификация кислорода O_3 с молекулой, содержащей три атома. В атмосфере образуется при электрических разрядах и фотохимических процессах;



Озон легко разлагается,



является сильным окислителем [69]. В малых количествах в атмосфере озон присутствует повсюду, однако его концентрация в зависимости от высоты меняется неравномерно (рис. 1), что связано с динамикой его образования и аннигиляции (реакции 2 и 3) в зависимости от параметров атмосферы на различных высотах и интенсивности солнечной радиации.

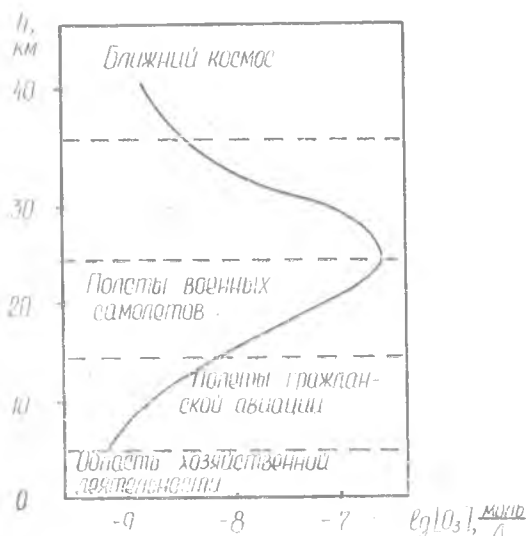


Рис. 1. Зависимость концентрации озона в атмосфере от высоты (график заимствован из работы [51])

В атмосфере Земли устанавливается динамическое равновесие между количеством образующегося и исчезающего озона. У поверхности Земли содержание озона очень мало: не более одной молекулы на десять миллионов молекул атмосферного воздуха. В средних широтах, на высоте 20...25 км, концентрация озона максимальна. Это так называемый озоновый слой. Разрушение слоя озона ведет к уничтожению жизни на Земле ультрафиолетовой составляющей солнечной радиации. Снижение его концентрации отразится в первую очередь на микроорганизмах (например, на планктоне, который является основным кормом для обитателей моря). Без микроорганизмов в перспективе жизнь на Земле невозможна. Снижение концентрации озона (а следовательно, избыточное облучение ультрафиолетом) приведет к снижению урожайности многих культур, росту числа смоговых ситуаций в районах с повышенной концентрацией промышленности, увеличению количества аллергических и раковых заболеваний у человека⁶. Так, например, в поселке Санта-Марианди-Жатиба (Бразилия) проживает свыше 16 тысяч немцев, переселившихся из Померании в конце прошлого века. Исключительно белокожие, они представляют собой наиболее уязвимую перед палящим солнцем тропиков общину. Обследования показали, что более половины жителей этого района поражены раком кожи.⁷

Наблюдения с помощью американских метеорологических спутников Нимбус-4 и Нимбус-7⁸ зафиксировали уменьшение количества озона на несколько процентов в период с 1970 по 1979 годы. В 1983 году было зарегистрировано уменьшение количества озона в Северном полушарии на 5...8 %. За шесть лет, с 1979 по 1985 годы, содержание озона в атмосфере над Южным полюсом снизилось на 40 %. В 1985 году английские ученые под руководством Дж. Формана обнаружили брешь в слое озона над Антарктидой. Первоначально озоновая «дыра» то появлялась над Южным полюсом в сентябре-октябре, когда в Антарктиде весна, то исчезала. Затем исчезновения прекратились. Размеры этой бреши в 1985 году были примерно равны североамериканскому континенту, затем стали несколько меньше. В Северном полушарии с 1965 года средняя концентрация озона уменьшилась почти на 3 %⁹. Озоновая дыра в Арктике, хотя и менее яркая, была зарегистрирована на полярной станции в Туле (Гренландия) [42]. К счастью, дыры в слое озона образовались в приполярных областях вдали от густонаселенных районов Земли.

⁶ См.: Загадки озоновых дыр // Известия. 1988. 26 марта.

⁷ Свистунов С. Жесткое солнце тропиков // Правда. 1989. 8 апр.

⁸ «Нимбус» переводится как «дождевые облака».

⁹ Ср.: Болденюк А. Озоновая дыра — сигнал из будущего // Правда. 1989. 9 мая.

Если бы этот феномен имел место в экваториальных или средних широтах, губительные последствия для биосферы были бы уже налицо.

Снижение концентрации озона в атмосфере имеет антропогенное происхождение. Еще в 1972 году Ш. Роулэнд и М. Молина из Калифорнийского университета поставили вопрос о том, где находятся использованные к тому времени фреоны в количестве нескольких миллионов тонн. Фреоны весьма химически стабильны, могут сохраняться в атмосфере 70—80 лет, не растворимы в воде, поэтому не вымываются дождями [9]. Первые анализы калифорнийских ученых показали, что эти вещества оказались в стратосфере. Проникая через холодную тропопазу (-50°C), они попадали под воздействие жесткой солнечной радиации. Здесь начиналась фотохимическая реакция, угрожающая жизни на Земле: высвобождающиеся атомы хлора жадно соединялись с озоном O_3 , превращая его в двухатомный кислород O_2 . Слой озона, таким образом, разрушался. Фреоны (хлорфторуглеродороды) используются как рабочее вещество в холодильниках и кондиционерах, при производстве вспененных пластмасс, в бытовых баллончиках-распылителях и др. Фреонов нет в природе, это вещества исключительно антропогенного происхождения.

Кроме фреонов, на разрушение озонового слоя влияют окислы азота, метан, соединения брома¹⁰. Окислы азота образуются энергетическими установками (стационарными и транспортными), работающими на химическом топливе. Непосредственно в верхние слои атмосферы окислы азота в больших количествах поставляются выхлопными газами самолетов и ракет. Молнии также являются источниками соединений азота. Ежесекундно в атмосфере Земли происходит около 100 разрядов¹¹.

Метан относят к газам частично антропогенного происхождения. Он составляет основную часть (60...70 %) биогаза, который образуется при разложении органических веществ без доступа воздуха анаэробными бактериями. Количество метана, поставляемого в атмосферу, прямо связано с массой отходов производственной деятельности человека (разложение мусора помойных ям, органики вод очистных сооружений, свиноферм, заболачивание почвы и др.).

Бромсодержащие вещества иногда распыляются в атмосфере для стимулирования конденсации пара в облаках и образования дождя, используются в огнетушителях в ряде технологических

¹⁰ Химиками показано, что к разрушению озона могут быть причастны 160 химических реакций, в которых взаимодействуют около 40 соединений [28].

¹¹ См.: Молнии — источник соединений азота // Природа. 1989. № 4. С. 106.

процессов химических производств. Количество бромсодержащих веществ, поступающих в атмосферу, невелико — всего несколько тысяч тонн в год. Однако окислы брома более эффективно, чем хлористые вещества, разлагают озон. Причины образования озоновых дыр до конца не выяснены. Специалисты связывают их происхождение с периодичностью солнечной активности, перераспределением озона за счет атмосферных вихрей над Антарктидой. И то и другое имеет место, но не объясняет образование озоновых брешей. Сравнительно недавно было обнаружено редкое природное явление — полярные стратосферные облака, которые формируются на высоте 17 ... 20 км при сильном (до -80°C) охлаждении воздуха. Предполагают, что полярные стратосферные облака состоят из различных аэрозолей, и в частности из кристалликов, содержащих серную и азотную кислоты. Во время взаимодействия таких кристаллов с озоном происходят гетерогенные реакции, в результате которых молекулы озона разрушаются.¹²

В настоящее время во всем мире ежегодно производится около 1,3 миллиона тонн озоноразрушающих веществ, в том числе 123 тысячи ($\sim 10\%$) в СССР.¹³ В конце 1987 года в Монреале была достигнута договоренность о замораживании и последующем сокращении мировым сообществом производства фреонов, основных озоноразрушающих веществ, и был подписан Монреальский протокол, вступивший в силу в СССР с 1 января 1989 года. В соответствии с этим документом страны, являющиеся основными производителями фреонов, должны сократить их выпуск на 50 % к концу нынешнего столетия.¹⁴ Однако «озоновые» события в природе развиваются настолько стремительно, что раздаются призывы о полном запрете производства и использования всех озоноразрушающих веществ к началу XXI века.

4. КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ

В 60-х годах нашего столетия впервые в различных странах было зарегистрировано выпадение осадков с повышен-

¹² См.: Дружинина Е. Диагноз подтверждается // НТР: Проблемы и решения. 1989. № 5. С. 2.

¹³ Ср.: Болденюк А. Озоновая дыра... // Правда. 1989. 9 мая.

¹⁴ См.: Молинов А. Монреальский протокол // НТР. Проблемы и решения. 1989. № 1. С. 3; Спасти озоновый слой /Интервью с С. Л. Степановым // Правда. 1989. 6 марта.

ной кислотностью. Это явление в настоящее время приобрело общепланетарный характер. Кислотные дожди являются причиной массовой гибели лесов, замора рыбы в реках и озерах, снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Они оказывают вредное воздействие на организм человека [56].

Первыми влияние кислотных дождей на биосферу обнаружили скандинавские страны. Затем это бедствие распространилось по всей Европе. В Голландии и Великобритании к 1986 году около трети деревьев оказались полностью или частично обожженными. В ФРГ то же самое случилось с 20 %, в Чехо-Словакии и Швейцарии примерно с 16 % деревьев. По данным фонда народонаселения ООН на 1988 год, только в Западной Европе и Северной Америке от кислотных дождей пострадал 31 млн га лесов.¹⁵

Причины появления кислотных дождей не трудно объяснить. Окислы серы, азота, углерода, попадающие в атмосферу, соединяясь с влагой, дают ангидриды, которые затем превращаются в кислоты. Капельки серной, азотной и угольной кислот смешиваются с дождем и выпадают на поверхность Земли. Скорость образования серной кислоты за счет дыма, поднимающегося из трубы тепловой электростанции, при наличии облачности составляет несколько часов. В условиях чистого неба этот процесс требует во много раз большего времени. Поэтому кислотные дожди могут выпадать далеко от источников загрязнения атмосферного воздуха, пересекая государственные границы. Перекись водорода, кислород и озон катализируют процессы превращения окислов, загрязняющих атмосферу, в соответствующие кислоты.¹⁶ Состав кислотных дождей зависит от концентрации SO_2 , NO_x , CO_2 , содержащихся в атмосфере. В небе над индустриальными регионами 60 % кислотности дает серная кислота (выбросы тепловых электростанций), 30 % — азотная (выбросы автотранспорта и др.), 5 % — соляная, 2 % — угольная. Оставшиеся 3 % кислотности порождают другие примеси. Кислотные дожди снижают водородный показатель почвы. За исходное (не связанное с антропогенными причинами) значение pH принимается величина водородного показателя талой воды древних льдов Гренландии и Антарктиды — 5,2 до 5,6. Измерения кислотности осадков в Прибалтике, на севере Европейской территории Союза, на Украине, в Заволжье и Восточной Сибири по-

¹⁵ Ср.: Планета Земля: народонаселение и экология // Природа. 1989. № 4. С. 113.

¹⁶ См.: Кислотный дождь и перекись водорода // Природа. 1989. № 6. С. 110; Соловьев Л. Г. Кислотные облака над нами // Химия и жизнь. 1989. № 5. С. 73.

казывают, что средний рН облаков пока благоприятен и лежит в пределах 5,2 ... 5,7; в Заволжье — 6,0.

Иная обстановка в промышленных центрах и их ближайшем окружении. В Ленинграде рН дождя — 3,7 ... 4,8; в Киеве — 4,0; в Казани — 3,3 ... 3,8. В Красноярске кислотность сильно меняется в зависимости от синоптической ситуации. При антициклоне когда воздух почти неподвижен, рН находится в пределах 3,8 ... 4,9; при развитии циклона — 5,0 ... 5,2; при вторжении воздушных масс с севера — 4,8 ... 5,5. Изменение кислотности почвы отражается на мембранных потенциалах живых клеток. Растения утрачивают способность усваивать жизненно важные катионы калия, кальция, магния. Усиливается миграция марганца, алюминия, железа; нарушается газовый обмен в почве; снижается микробиологическая активность гумуса [12]. Все это ослабляет жизнедеятельность растений.

Исчезновение рыбы в реках и озерах Южной Норвегии, Шотландии, Канады, США и многих других стран связывают с кислотными дождями. Повышение кислотности почвы способствует освобождению алюминия из сложных почвенных соединений и вымыванию его в ручьи, реки, озера. Рыбы жабры, пострадавшие от алюминия, забивает слизь, количество кислорода, питающего кровь, падает, и если рыба все же выживает, то размножаться не может [56].

Чтобы устранить или снизить пагубное влияние на биосферу кислотных дождей, необходимо не производить (или почти не производить) окислов серы, азота, углерода. Эта весьма сложная задача может быть решена на путях поиска альтернативных источников энергии и удобных для эксплуатации энергоносителей, совершенствования процессов сжигания органического топлива, внедрения прогрессивных технологий переработки сырья и т. д.

Для уменьшения кислотности окружающей среды, уже отравленной кислотными дождями, необходимо внести в почвы и воды огромное количество известняка. Каждой стране на это придется израсходовать миллиарды долларов [56]. В различных странах ведутся поиски других способов снижения негативного влияния кислотных дождей на состояние почвенного покрова и растительности. Так, например, группа ученых из Нидерландов изучила случай полной сохранности отдельных деревьев в условиях, когда другие деревья того же вида и в тех же условиях пострадали от кислотных дождей. Оказалось, что причиной тому были грибы. В корневой системе этих деревьев исследователи обнаружили микоризу-симбиоз (сожительство) грибового мицелия с корнем высшего растения. Гриб помогал растению в водоснабжении, поставлял гормоны и витамины, а сам

взамен получал сахаристые вещества. Это обеспечивало жизнедеятельность растений на закисленных почвах.¹⁷

5. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ

Климатологи мира предсказывают глобальное потепление на Земле и связанные с этим катаклизмы: повышение уровня мирового океана в результате таяния полярных льдов и затопление огромных площадей суши, обострение продовольственной проблемы из-за перестройки климата, появление экологических беженцев и др.

Повышение средней глобальной температуры на Земле происходит по двум причинам: из-за парникового эффекта и вследствие рассеяния тепла от источников энергии, использующих невозобновляемые (ископаемые) виды топлива.

5.1. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

Внутреннее нагревание приземных слоев атмосферы—парниковый эффект—объясняется следующим образом. Излучение Солнца, дошедшее до поверхности Земли, содержит в большинстве своем фотоны видимого диапазона длин волн. Максимум лучеиспускания приходится на длину волны $\lambda = 0,55$ мкм (рис. 2).¹⁸

Молекулы углекислого газа, имеющиеся в атмосфере, не взаимодействуют с солнечными лучами. Лучи Солнца нагревают поверхность Земли, и она, как всякое нагретое тело, становится источником излучения. Обратное излучение Земли — инфракрасное. Максимум лучеиспускания лежит в области ~ 10 мкм. Инфракрасное излучение поглощается молекулами углекислого газа, в результате температура вблизи поверхности Земли повышается. Повышение температуры Земли увеличивает ее лучеиспускательную способность. Процесс нагревания приземных слоев воздуха происходит до тех пор, пока не установится динамическое равновесие между количеством тепла, получаемого

¹⁷ См. об этом: Грибы против кислого дождя // Природа. 1985. № 1. С. 115.

¹⁸ График приведен без соблюдения масштаба.

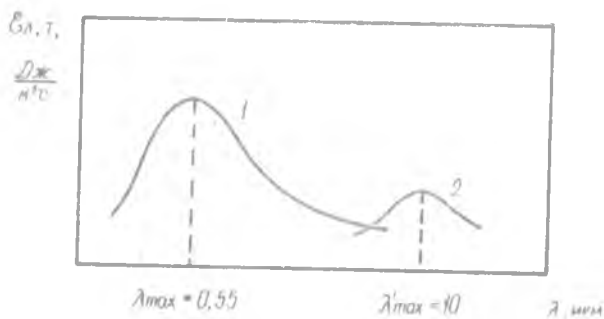


Рис. 2. Зависимость лучеиспускания от длины волны: 1—для Солнца; 2—для Земли; $\epsilon_{\lambda, T}$ —лучеиспускательная способность

Землей, и тепловыми потерями. Но это равновесие возможно лишь при условии некоторого повышения средней глобальной температуры вблизи поверхности Земли (парниковый эффект) [21].

С увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере растет вероятность поглощения обратного излучения Земли. Следовательно, температура вблизи земной поверхности зависит от содержания углекислого газа в атмосфере. Парниковый эффект наблюдается на всех планетах, имеющих атмосферу. Атмосфера Венеры на 97 % состоит из углекислого газа, температура вблизи ее поверхности — 480°С [60].

Повышение содержания углекислого газа на Земле сопровождается ростом средней глобальной температуры. Это не гипотеза, а экспериментальный факт. Советскими учеными в 1985 году путем изотопного анализа кислорода (O^{16} , O^{17} , O^{18}), содержащегося в буровых ядрах Антарктиды, удалось проследить за средними температурами на Земле за последние 150 тысяч лет. Оказалось, что концентрация углекислого газа в атмосфере всегда менялась в ритме колебаний средних глобальных температур: во время ледниковых периодов его содержание каждый раз опускалось до минимума. С началом потепления оно возросло [75].

Концентрация углекислого газа в атмосфере Земли прямо связана с производственной деятельностью человека. Систематические наблюдения за содержанием CO_2 в атмосфере были начаты в 1958 году во время Международного геофизического года. Вскоре выяснилось, что количество углекислого газа повышается почти одновременно на метеорологических станциях, удаленных друг от друга на громадные расстояния. Специалисты подсчитали, что с 1800 года в результате сжигания ископаемого топ-

лива в атмосферу было выброшено около 180 миллиардов тонн CO_2 . Основными источниками углекислого газа являются энергетические установки, работающие на химическом топливе (электростанции, двигатели внутреннего сгорания и др.). В настоящее время за счет хозяйственной деятельности человека в атмосферу Земли выделяется ежегодно 6 миллиардов тонн углекислого газа (0,8 % от полного содержания углекислого газа в атмосфере), и каждый год это количество возрастает на 120...180 миллионов тонн (на 2...3 %). Советский Союз поставляет в атмосферу более одного миллиарда тонн двуокиси углерода, и этот показатель за последние 30 лет возрос втрое.¹⁹ Часть CO_2 выводится из атмосферы за счет фотосинтеза [см. формулу (1)]. Главной «свалкой» углекислого газа является океан: 2 миллиона тонн CO_2 в год расходуется на обеспечение жизнедеятельности фитопланктона. Однако планктон находится под угрозой. Ежегодно в Мировой океан попадает около 6 миллионов тонн нефти и нефтепродуктов: при промывке и авариях танкеров, за счет разлива нефти при нефтедобыче на шельфе и в открытом море, при смывании нефтепродуктов с поверхности суши атмосферными осадками и др. [37]. Нефть и нефтепродукты губят все живое в море²⁰.

Растительность планеты поглощает (с помощью фотосинтеза) значительно меньше углекислого газа, чем океан, но здесь перспективы также не утешительные. Ежегодно в тропиках выкорчевывают и сжигают леса на площади 100 тысяч квадратных километров. Около 50 % тропических лесов, существовавших 30 лет тому назад в Азии и Южной Америке (сельва реки Амазонки), превратились в дым, внося свой вклад в содержание углекислого газа в атмосфере [75].

Однако проблема парникового эффекта этим не исчерпывается. В последнее время ученые с помощью зондов обнаружили в верхних слоях атмосферы вещества антропогенного или частично антропогенного происхождения — малые примеси, влияние которых на парниковый эффект ранее сильно недооценивали [75]. Это окислы азота, галогенуглеводороды — фреоны, частички брома, метан и др. Оценки показывают, что малые примеси могут внести такой же вклад в потепление на Земле, как и CO_2 . Прогнозы повышения температуры на Земле, приведенные в материалах «Отчета советско-американского совещания экспертов» (Влияние увеличения количества углекислого газа в атмосфере на климат. Л., 1982. С. 56), сводятся к следующему. К 2000 году

¹⁹ Данные из статьи В. Гончарова «Экологический императив» (За рубежом. 1989. № 13. С. 1).

²⁰ См. об этом: Гестер М. Тяжелое дыхание «легких планет» // За рубежом. 1989. № 11. С. 16; Юнглот К. Море в беде // За рубежом. 1988. № 4.

повышение температуры составит 1...2°С, к 2025 — 2...3°С, к 2050 — 3...5°С. Много это или мало? Известно, что средняя температура на Земле, составляющая сейчас +14°С, на протяжении многих тысячелетий оставалась исключительно стабильной. За последние 100 лет рост ее не превысил 0,7°С.²¹ С другой стороны, самые незначительные колебания средней температуры на Земле коренным образом изменяли климат на планете. Так, 700 тысяч лет назад в одном из межледниковых периодов, когда было теплее, чем сейчас, всего на 2...2,5°С, климат в Европе был таким же, как в настоящее время в Африке. На территории Южной Англии, например, обитали слоны, бегемоты, львы.

Ожидаемое повышение средней температуры воздуха вблизи поверхности Земли на 3...5°С к 2050 году в течение всего нескольких десятилетий — явление небывалое. Так сильно и за такой короткий промежуток времени атмосфера никогда еще не разогревалась за всю историю климата. Такая ситуация приведет к таянию приполярных льдов и повышению уровня Мирового океана. Масса воды на Земле, связанной в виде льда, огромна. Объем ледников только одной Антарктиды равен ~ 24 кубокилометрам, их толщина достигает 4 км [8]. При полном таянии льда Арктики и Антарктиды уровень Мирового океана повысится на 70...80 м [50, 75]. Наступит всеобщая климатическая катастрофа. По меньшей мере 1,5 миллиарда людей, проживающих в настоящее время по берегам океанов и морей [27], должны будут переселиться. Море затопит обширные прибрежные районы Северной Европы, Китая, США [75]. В Соединенных Штатах Америки на побережье проживает 75 % населения. В случае повышения уровня океана на 90 см защита одних только городов восточного побережья обойдется в 100 миллиардов долларов.²²

Решения климатических моделей парникового эффекта показали, что еще на подступах к катастрофе человечество ожидает трудные времена, связанные с изменениями структуры климата Земли. Повышение температуры на Земле будет происходить неравномерно: если в тропиках температура повысится на 1...2°С, то вблизи полюсов — на 6...8°С. При этом в первую очередь разогреются полярные моря, что быстро выведет из равновесия весь климат Земли, за счет уменьшения температурных различий между теплыми экваториальными и холодными арктическими водами изменится глобальная система морских течений и преимущественных ветров. Изменения климата пла-

²¹ См.: Если потеплеет через 45 лет [«Юнайтед Пресс Интернейшнл», Женева] // За рубежом. 1985. № 49.

²² См.: Чем грозит Азии «парниковый эффект» // За рубежом. 1989. № 6.

неты губительно отразятся на фауне и флоре отдельных областей и регионов. Многие биоценозы окажутся не способными приспособиться к быстрым изменениям климата. Так, исследования, выполненные по программе ООН и Всемирной метеорологической организации, свидетельствуют, что в средних и высоких широтах за десятилетия ареалы многих видов растений и животных должны будут переместиться на сотни километров к северу²³. Мобильность многих растений окажется недостаточной: ель Энгельмана за столетие распространится на 20 км, широколиственные растения — и того меньше. Резкое потепление вызовет массовую гибель растений, что обострит продовольственную проблему человечества.

Междисциплинарная группа ученых США в последнее время по новому рассчитала возможный ход планетарного потепления.²⁴ Их климатическая модель учитывала динамику роста концентрации в атмосфере углекислого газа, метана, закиси азота, фреонов, пыли вулканического происхождения. Они пришли к выводу, что потепление станет отчетливо различимым в начале 90-х годов текущего столетия, экстремальные погодные явления при этом учащаются.

Советский климатолог чл.-кор. АН СССР М. И. Будыко в последнее время высказал совершенно противоположное отношение к последствиям парникового эффекта. Изучая ископаемую пыльцу и годовые кольца на останках деревьев, он и его коллеги реконструировали климатические периоды прошлого и использовали их для прогнозирования будущих перемен. По его предположениям, к середине следующего столетия, если накопление в атмосфере «парниковых» газов будет продолжаться, на Земле наступит «климатический оптимум», когда в свое время Сахара была покрыта саваннами, а в Якутии плодоносил грецкий орех. К середине XXI века, как считает М. И. Будыко, на Земле будет более влажный климат, что обеспечит благоприятные условия для земледелия на обширных районах суши. Американские климатологи крайне скептически относятся к прогнозам М. И. Будыко [33].

Выше отмечалось, что прогнозы поведения экологических систем содержат неопределенность. При оценке последствий влияния парникового эффекта пока не удалось количественно оценить изменения облачного покрова планеты. Разрушение слоя озона, до сих пор не учтенное климатическими моделями, может резко стимулировать глобальное потепление, так как ульт-

²³ См. об этом: Глобальное потепление: судьба фауны и флоры // Природа, 1989, № 5, С. 117.

²⁴ Потепление близится // Природа, 1989, № 4, С. 119.

трафиолетовая часть солнечного излучения при отсутствии озона способна беспрепятственно проникать в нижние слои атмосферы. Потепление будет сопровождаться таянием тундры на Аляске и в Сибири. Это может послужить катализатором климатической катастрофы, так как при таянии вечной мерзлоты в атмосферу выделяется содержащиеся в ней в замороженном виде миллионы тонн метана и двуокиси углерода — «парниковых» газов.

Ученые опасаются, что возрастание антропогенной нагрузки на окружающую среду приведет к переходу невидимой границы устойчивости экологической системы. Это может произойти совершенно неожиданно. Например, океан не может быть безграничным вместилищем углекислоты. Когда-то его возможности иссякнут, что даст скачок парникового эффекта планеты, которого, возможно, будет достаточно, чтобы началось непоправимое. Чтобы предотвратить глобальное потепление на Земле за счет парникового эффекта и неизбежное изменение климата, необходимо осуществить разработку и внедрение альтернативных источников энергии и высокоэффективных энергоносителей.

5.2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Источники энергии делятся на две большие группы: возобновляемые и невозобновляемые. К возобновляемым относятся все виды энергии, непрерывно действующие в биосфере Земли: солнечная, ветровая, океаническая, гидроэнергия рек. Невозобновляемые источники — энергия термоядерного синтеза, энергия деления урана и все ископаемые виды топлива.

5.2.1. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

Энергия солнца, достигающая поверхности Земли, составляет $2,2 \cdot 10^{24}$ Дж в год [2]. Солнечная энергия — экологически чистый «вечный» источник энергии. Однако доля солнечной энергии в общем балансе энергопотребления в настоящее время меньше 1%. Это связано с рассеянностью солнечной энергии. Естественная плотность ее составляет $0,8 \text{ кВт/м}^2$. Это затрудняет создание гелеустановок большой единичной мощности. В мире пока нет электростанций, использующих энергию Солнца, мощностью более 75 кВт. В Советском Союзе Крымская электростанция имеет мощность всего 5 кВт.

Энергетический «кризис» 70-х годов и обострение экологической ситуации последнего времени стимулировали исследования в области использования солнечной энергии. Солнечные эле-

менты — наиболее привлекательные источники электрической энергии. Они надежны, полностью автоматизированы, не потребляют никакого горючего, не требуют дорогостоящих линий энергоснабжения. Широкое их использование пока сдерживается высокой себестоимостью. Последнее большое открытие в этой области — тонкопленочные фотоэлектрические батареи. Тончайшая пленка наносится путем напыления кристаллических или аморфных полупроводников на стекло [74]. Достоинства таких преобразователей в том, что они могут производить электричество при рассеянном свете голубого неба и не нуждаются в механизме ориентации на Солнце. Даже при облачном небе их мощность падает лишь до 60 % от максимальной. Коэффициент полезного действия тонкопленочных батарей ~ 20 %.

Большие перспективы для использования солнечной энергии открывает производство водорода с помощью гелиоэлектростанций. Известно, что электрическую энергию нельзя запастись впрок, она должна быть использована тотчас же после получения.²⁵ Если электроэнергия в данный момент не нужна, то ее необходимо преобразовать в другие виды энергии, а затем использовать по мере надобности. Вот уже несколько лет функционирует совместный проект ФРГ и Саудовской Аравии «Гисоляр», предусматривающий строительство в Эр-Рияде, Джидде и Штутгарте экспериментальных установок по производству водорода с помощью солнечных батарей и электролиза. По оценке штутгартских специалистов для производства водорода в объеме, соответствующем по теплотворной способности миллиарду тонн угля, требуется территория всего в 140 тысяч квадратных километров [71]. В Советском Союзе к районам с благоприятными условиями для освоения солнечной энергии относятся Украина, Молдова, Кавказ, Средняя Азия, Казахстан, юг России, отдельные районы Дальнего Востока [73]. Здесь солнечная радиация поставляет 1200 ... 1700 кВт·ч на 1 м² в год.

Среди других способов использования солнечной энергии весьма обнадешивающей представляется идея создания солнечных космических электростанций²⁶. В Советском Союзе обсуждается проект вывода в космос зеркал шириной в километр, что позволит освещать большие города и увеличивать урожай сельскохозяйственных культур. Последний этап этого проекта должен завершиться в 2004 году постройкой в космосе гигантских

²⁵ Открытие высокотемпературной сверхпроводимости в 1985 году вселяет надежду создания накопителей электроэнергии.

²⁶ См. об этом: Азимов А. В поисках энергии — в космос // За рубежом. 1987. № 45. С. 20.

электростанций, которые станут посылать на Землю сотни мегаватт энергии посредством инфракрасных лазерных лучей.²⁷

5.2.2. ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

Ветер как источник энергии использовался человеком с древних времен (парусный флот, ветряные мельницы). Между тем ветровая, а также и солнечная энергии в настоящее время составляют малую долю общего энергопотребления. Энергетические ресурсы ветра огромны. Рассеянный характер, нестабильность и особенно дефицит площади для сооружения ветровых электростанций в отдельных странах породил негативное отношение к этому виду энергии. Ветер — источник экологически чистой энергии. Вмешательство ветровых электростанций в биосферу невелико. Оно связано лишь с производством и размещением ветровых электроустановок. Это вселяет надежду на пересмотр в ближайшее время приоритетов в электропотреблении от различных источников в пользу энергии ветра. Так, например, Норвегия планирует постройку в океане вблизи береговой линии системы ветровых установок большой мощности, что позволит ей отказаться от строительства атомных электростанций. Ресурсы ветровой энергии в нашей стране оцениваются в 10 млрд. кВт. Сильные и постоянные ветры дуют на Крайнем Севере, побережье Охотского моря, Камчатке, Курилах, в Приморском крае, на юге Западной Сибири, в Казахстане, Прикаспийской низменности [73]. Но ветровая энергия практически не используется. В последнее время ленинградские ученые разработали проект опытно-промышленной ветроэнергетической станции мощностью 1000 МВт, которую предусмотрено разместить на мелководье Финского залива, где среднегодовая скорость ветра составляет 8,4 м/с. Ресурсы ветровой энергии мелководья оцениваются в 150 млрд кВт·ч [36].

5.2.3. ОКЕАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

В океане, который покрывает около 70 % поверхности нашей планеты, аккумулируется большая часть солнечной энергии. Она трансформируется не только в тепло, нагревая водные массы, но также проявляется в виде энергии мощных течений, устойчивых циркуляций и нестационарных циклонов. С солнечной энергией в значительной мере связана также энергия поверхностных волн. (Лишь энергия приливов определяется движением относительно Земли других небесных тел — Луны и в

²⁷ См. «Таймс» обеспокоена // Волж. коммуна, 1987, 15 септ.

меньшей мере Солнца). Основные достоинства океанической энергии — более высокая ее плотность по сравнению с плотностью солнечной энергии на суше и отсутствие суточных колебаний из-за большой теплоемкости воды [2]. Солнечная энергия, запасенная в океане в виде тепла, может быть использована за счет разницы температур между поверхностными и глубинными водами океана. Основные термальные ресурсы Мирового океана сосредоточены в тропической зоне. Здесь перепады температур между поверхностными и глубинными слоями воды (глубина 1000 м) превышают 24 °С. У берегов Японии и Советского Союза в Тихом океане разница температур значительно меньше — 10... 15 °С. Идея использования тепловой энергии океана была впервые высказана французским физиком Ж. д'Арсонвалем в 1881 году, который видел здесь две возможности. Первая предусматривает перекачку холодной воды на поверхность и использование ее для конденсации жидкого хладагента, который затем доводится до кипения теплотой поверхностной воды, чем и приводит в действие газовую турбину. Вторая заключается в перекачке хладагента по трубам на морское дно с целью его конденсации. Этот последний принцип уже используется на нефтеуровых установках. Сейчас японцы строят установку мощностью 10 МВт. Если удастся снизить затраты до одного миллиона долларов на мегаватт, то тогда, вероятно, подобная отрасль энергетики окажется заслуживающей капиталовложений²⁸.

Энергия морских приливов существенно меньше термальной энергии океана и составляет лишь $\sim 10^{19}$ Дж в год. Однако использование этой энергии уже ведется. Во Франции в районе Шербурра построена и эксплуатируется приливная электростанция мощностью 240 МВт. В СССР с 1970 года работает Кисло-губская приливная электростанция мощностью 400 кВт. В канадской провинции Новая Шотландия у побережья Атлантического океана строится одна из крупнейших в мире электростанций на приливной волне. Мощность ее составит 4800 МВт.

Определенный интерес представляют поверхностные волны. Типичными средними характеристиками поверхностных волн в Мировом океане являются высота (около 1,5 м) и период (около 8 с). Суммарная энергия поверхностных волн океана составляет около 10^{20} Дж в год. Это достаточно большая величина, однако использование энергии затруднено малой ее плотностью. Широкие исследования и разработки систем преобразования поверхностной энергии океана ведутся в настоящее время в Японии, а также в СССР.

Сейчас трудно предугадать экологические последствия широ-

²⁸ Богатства и тайны подводных глубин // За рубежом, 1987. № 17. С. 20.

кого применения энергии океана. Имеются все предпосылки к тому, что энергия, получаемая из океана, будет самой «чистой» возобновляемый экологически чистый источник энергии, с дру-какое-то определенное влияние на природу океанические энергетические системы окажут. Например, в установках преобразования тепловой энергии океана требуется подъем к поверхности с глубины громадных количеств холодной воды. Богатая питательными веществами, такая вода может служить сырьевой базой для развития рыболовства в районах расположения энергетических систем. Может оказаться также, что глубинные микроорганизмы при подъеме к поверхности будут просто загрязнять океан и придется применять специальные меры для его очистки.

5.2.4. ГИДРОЭНЕРГИЯ РЕК

Экологическая оценка использования гидроэнергии рек не однозначна. С одной стороны, гидроэлектростанции — возобновляемый экологически чистый источник энергии, с другой — их строительство приводит к появлению водохранилищ, которые изменяют окружающую природу очень часто не в лучшую сторону. Водохранилища прочно вошли в жизнь человечества. Сегодня их в мире около 30 тысяч с объемом более 6 тысяч кубокилометров. Это почти одиннадцать Азовских морей [1]. Строительство крупных водохранилищ в Советском Союзе было начато в 50—60-е годы. Сейчас в стране 2000 водохранилищ с общим объемом 1800 кубокилометров. Среди них наиболее значительные: Братское (169, 3 км³), Красноярское (73,3 км³), каскад из 9 водохранилищ на Волге, наибольшее из которых — Куйбышевское (58,0 км³). Водохранилища — сооружения многоцелевые. Их строят для орошения земель, сезонного перераспределения стока вод рек (паводки весной и омеление в засушливое время), для предотвращения селей (на Зее, Буреи — притоках Амура), обеспечения судоходства, удовлетворения питьевых и хозяйственных нужд, и почти во всех случаях — для производства электроэнергии. Полезность водохранилищ для человека несомненна. Однако, созданные для решения конкретных хозяйственных задач, они коренным образом изменяют природную среду. Нарушается гидрологический режим рек. Из-за снижения скорости течения снижается их способность к самоочищению, в воде скапливаются большие количества вредных веществ, качество воды ухудшается. Удобрения, смываемые дождями в водохранилища, создают питательную среду для сине-зеленых водорослей, разложение которых в природных илах продуцирует цианиды. Изменяются температурный режим и аэрация водоемов. Строительство водохранилищ сопровождается изменением ок-

ружающей среды. Повышается (перед плотиной) и снижается (за нею) уровень грунтовых вод. Усиливается размывание берегов, происходят локальные изменения климата, распространяющиеся до 10... 15 км от водоема. Это сопровождается сменой биоценозов. Под водохранилища в СССР изъято 0,3 % общей площади земельных ресурсов и 0,5 % площади сельскохозяйственных угодий. Водоохранилища затопили 10 млн га ценнейших сельскохозяйственных угодий, в том числе 4 млн га лугов. Общая площадь подтопленных земель на побережьях оценивается в сотни тысяч гектаров. Невосполнимый вред рыбному хозяйству нанесен каскадом водохранилищ на Волге. В начале XX века на Нижней Волге и в дельте вылавливали более двух миллионов центнеров рыбы. Сейчас на всем протяжении, кроме дельты, Волга не пригодна для обитания проходной рыбы, а озерная в условиях загрязнения малопродуктивна. В последнее десятилетие выяснилось, что водохранилища влияют на тектонические процессы, способствуя в одних районах возникновению, а в других увеличению частоты и силы землетрясений [39].

Не только водохранилища, но и работающие гидроэлектростанции экологически не безвредны. Планктон, пройдя вместе с водой сквозь жернова работающей турбины, почти полностью гибнет. Вода за плотиной оказывается мертвой на десятки и сотни километров [10]. Так, исследования на Усть-Илимской ГЭС показали, что при работе всех десяти агрегатов станции за сутки гибнет 500 тонн планктона. Что касается бактерий, то они в подавляющем большинстве проскакивают турбину невредимыми и попадают в более благоприятную среду: разрушенный планктон представляет для них своеобразный «мясной бульон». В этом — источник органического загрязнения Енисея. Мертвая (без планктона) вода не способна самоочищаться и вырабатывать кислород, необходимый для ее обитателей, да и для людей тоже. Ленинградские ученые нашли простой способ защиты планктона, эмбрионов и мальков рыб. Они предложили уменьшить кавитационное воздействие на биомассу путем подачи в проточный тракт турбины сжатого воздуха. Многих негативных последствий строительства ГЭС можно было избежать. Однако создание большей части водохранилищ в нашей стране пришлось на период, когда экономические выгоды довели над любыми экологическими соображениями. В настоящее время в СССР доля электроэнергии, производимой ГЭС, составляет около 14 % от выработки энергии всех электростанций. По степени освоения гидроэнергоресурсов СССР существенно отстает от большинства капиталистических стран.

5.2.5. ЭНЕРГИЯ ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

После взрыва водородной бомбы в 50-х годах появилась перспектива создания управляемой термоядерной реакции (термоядерного реактора). Для управляемого термоядерного синтеза могут быть использованы ядерные реакции взаимодействия дейтерия ${}_1\text{D}^2$ с тритием ${}_1\text{T}^3$ и дейтерия с дейтерием [66].



В результате реакций образуются изотопы гелия и нейтрон (n), а также тритий и протон (p). Наиболее предпочтительной является реакция (4), так как для ее осуществления рабочее вещество (плазма) должна быть нагрета до температуры 100 млн градусов. Но этого условия недостаточно. Чтобы при термоядерном «горении» энергии выделялось больше, чем было израсходовано на подогрев смеси, необходимо, чтобы произведение плотности плазмы ρ на время удержания энергии в плазме τ превышало некоторое определенное значение. Для реакции (4) оно составляет 10^{14} :

$$\rho\tau = 10^{14}. \quad (7)$$

В современных установках типичное значение $\rho \sim 10^{14}$ частиц/см³ [23], следовательно, плазму необходимо удерживать в реакторе приблизительно 1с или несколько больший промежуток времени. Эта проблема может быть решена с помощью магнитной термоизоляции плазмы от стенок камеры (в установках, получивших название «Токамак») или инерционным удержанием (например, воздействием лазерного излучения на мишень) [7, 23, 62]. Прошло более 35 лет после осуществления неуправляемой термоядерной реакции, а необходимых параметров плазмы для управляемого синтеза не получено. Обсуждение трудностей и перспектив создания термоядерного реактора выходит за рамки нашей работы, поэтому вернемся к экологическим проблемам получения энергии за счет реакции синтеза легких элементов.

Исходным сырьем для термоядерных реакторов является дейтерий, который входит в состав тяжелой воды. Тяжелая вода в соотношении 1:6800 содержится в обычном виде. Вода — самое распространенное вещество на Земле. Однако тяжелая вода дорога и дефицитна, так как получается электролизом природной воды, а это весьма энергоемкое производство. Тритий — радиоактивный изотоп водорода имеет период полураспада 12,5 лет. Поэтому в природе его нет. Он получается как один из продуктов цепной ядерной реакции деления урана (см. 6.3).

Термоядерный реактор в принципе может быть источником трития [см. реакцию (6)]. Однако для этой реакции произведение ρt менее благоприятно, реакция протекает при более «жестких» условиях. Ожидать появления термоядерного реактора на основе реакции (6) можно лишь после решения проблемы по реакции (4). Пока все работы ведутся применительно к этому более простому случаю. Таким образом, уже на стадии получения компонентов для управляемого термоядерного синтеза неизбежно загрязнение окружающей среды выбросами электростанций и радиоактивностью. Термоядерный синтез оказывается пока «привязанным» к традиционной энергетике и ядерным реакторам деления урана. Сегодня термоядерные исследования переживают период застоя. Предполагается, что (при надлежащем финансировании исследований) широкое развертывание термоядерных электростанций можно ожидать в 30–40-е годы будущего столетия²⁹.

5.2.6. ЭНЕРГИЯ ДЕЛЕНИЯ УРАНА

Первый ядерный реактор, использующий реакцию деления ядер урана, был пущен в декабре 1942 года в США под руководством итальянского физика Э. Ферми. В настоящее время в мире эксплуатируется 307 атомных энергетических установок суммарной мощностью около 206 тыс. МВт. Они обеспечивают 17% общемирового потребления электроэнергии. Кроме того, 101 реактор находится в стадии строительства и еще 110 заказаны или проектируются³⁰.

Электрическая энергия, получаемая на атомных электростанциях, считается экологически чистой. Действительно, процессы деления ядер не сопровождаются выделением окислов углерода, серы, азота, накопление которых способствует развитию парникового эффекта, разрушению слоя озона и выпадению кислотных дождей. Однако атомная промышленность приводит к загрязнению биосферы радиоактивными веществами (см. 6.2).

5.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

Длительное время использование энергоносителей определялось их доступностью и рентабельностью. Наиболее рентабельными считались такие виды топлива, для которых харак-

²⁹ См.: Рютов Д. И. И вновь о катастрофе на планете // Правда. 1989. 13 окт.

³⁰ Данные из «Аргументов и фактов» (1989. № 23. С. 8).

терны большая удельная энергоемкость (Дж/кг) и большая плотность потока энергии (Вт/м²) [26]. Уголь, нефтепродукты и газ вполне отвечают этим требованиям и длительное время являются основными видами топлива. Сейчас очевидно, что энергоноситель должен кроме всего прочего быть экологически чистым, не загрязнять или почти не загрязнять окружающую среду. Длительное игнорирование этого последнего требования привело к опасному повышению концентрации в атмосфере окислов углерода, серы, азота, а воздух многих городов отравлен выхлопными газами автомобилей.

5.3.1. УГОЛЬ

По данным XIII Конгресса Мировой энергетической конференции, запасы угля в мире оцениваются в 1280 млрд т условного топлива. При современном уровне потребления его хватит на 430 лет [14].

В СССР ежегодно выбрасывается в атмосферу 70 млн т пыли и токсичных газов — окислов азота, серы, углерода. Более 30 % загрязняющих веществ поставляют в атмосферу тепловые электростанции, работающие на химическом топливе. Энергетика в СССР получает худшие сорта угля с содержанием золы до 55 % и серы — до 3,5 % [58]. Необогащенный уголь, на 48...50 % состоящий из породы, поступает в топку. Уголь сгорает, а порошкообразная порода, превратившись в тонкодисперсную пыль, летит в атмосферу. Вместе с пылью выбрасываются свинец, марганец, медь, фтор и другие вредные вещества. Специалисты утверждают, что в связи с относительно большими запасами угля мы будем сжигать его и на пороге будущего века, но будем делать это гораздо чище. В настоящее время интенсивно разрабатывается способ сжигания угля в «псевдосжиженном» («кипящем») слое. Сейчас это одна из самых быстро развивающихся отраслей энергетической технологии в мире [74]. Предложен новый тип топки. Она представляет собой камеру со слоем дробленого известняка, взвешенного на воздушной подушке. Раздробленный уголь помещается на этот слой и нагревается до воспламенения. Горящий уголь нагревает частицы известняка, которые в свою очередь нагревают металлические трубы с проходящей по ним водой. Вода превращается в пар и вращает турбины генератора. Горячие отходящие газы используются для привода другой турбины генератора. Таким образом энергия топлива используется более полно. Сжигание в «кипящем» слое — экологически более чистый способ сжигания угля по двум причинам. Газообразная двуокись серы из горящего угля не выбрасывается в атмосферу, она реагирует с из-

вестняком и при этом образуется твердый сульфат кальция, который может быть отделен в зольнике. Так как мощный поток свежего воздуха, необходимый для поддержания во взвешенном состоянии частиц известняка, несет очень много кислорода, то образование окиси азота резко снижается. С помощью метода «кипящего» слоя можно экологически чисто и эффективно сжигать почти любой материал, выделяющий достаточно энергии для поддержания температуры (включая многие материалы, обычно вовсе не считающиеся топливами). Установки «псевдожизненного» слоя работают на угле с высоким содержанием золы и серы, нефтяном коксе, угольных отходах, породе шахт, буром угле, торфе, дереве и древесных отходах, старых железнодорожных шпалах, использованных шинах, других промышленных и сельскохозяйственных отходах.

5.3.2. НЕФТЕПРОДУКТЫ

Использование бензина в качестве моторного топлива породило одну из острейших проблем — загрязнение атмосферного воздуха крупных городов мира вредными веществами. Так, в одной Москве автомобильные выхлопные газы, выбрасываемые в атмосферу, превышают за год по своей массе 800 тысяч тонн [14]. В составе выбросов, кроме окислов азота и углерода, содержатся соединения свинца, несгоревшие углеводороды, среди которых содержатся канцерогены (бензперен). Проблема оздоровления атмосферы городов — это тот случай, когда экологические требования, предъявляемые к энергоносителям, стали основными. На загрязнение воздушной среды продуктами сгорания существенное влияние оказывают двигатели самолетов, работающие на керосине.

Нефть будет израсходована в течение 35 лет. Ее запасы составляют 157 млрд т условного топлива.

5.3.3. ВОДОРОД

Водород — экологически чистый энергоноситель. При его сгорании выделяются водяной пар и небольшое количество окислов азота, которые можно свести до ничтожно малых величин. Запасы водорода безграничны, его можно получать из воды с помощью электролиза. Водород — удобный энергоноситель, он легко транспортируется по трубопроводам. В настоящее время водород в качестве топлива используется для запуска ракет. Здесь ему нет равных энергоносителей — при одинаковом весе водород высвобождает энергии в три раза больше, чем керосин. Водород использовался во второй и третьей ступенях ракет

«Сатурн-5» при осуществлении программы «Аполлон», в третьей ступени европейской ракеты «Ариан», а также в основных двигателях челночных кораблей «Спейс шаттл». В Советском Союзе на водородном топливе создана ракета-носитель «Энергия».

Авиация делает первые шаги в освоении водорода. 15 апреля 1988 года с подмосковного аэродрома стартовал серийный самолет ТУ-155, один из двигателей которого работал на жидком водороде.

Экспериментальные автомобили на водороде разрабатываются с начала 70-х годов во многих странах. Чтобы приспособить бензиновый двигатель для водородного топлива, не требуется особых конструкторских разработок. Для создания «водородного автомобиля» прежде всего необходимо сконструировать «бак» для заправки достаточного количества энергоносителя. Простейшее решение — загрузка баллонов со сжатым водородом — не приемлемо ввиду чрезмерного веса баллонов при слишком малом объеме водорода. Другая возможность — хранить водород в виде химических соединений (гидридов) и получать газ при их разложении путем нагревания непосредственно перед подачей в камеру сгорания. Поиски гидридов, способных аккумулировать возможно большее количество водорода, ведутся в различных странах. Третья возможность — использование жидкого водорода — также находится в стадии разработок. Поставка жидкого водорода (температура кипения — 252,6 °С) может осуществляться лишь с помощью криогенных систем. Недостатком автомобилей, работающих на водородном топливе, является невозможность их парковки в закрытых гаражах. При утечке водорода в закрытых помещениях он, взаимодействуя с воздухом, может дать взрывчатую смесь (гремучий газ). Перспектива водородной энергетики весьма обнадеживает, так как использование водорода в качестве топлива неуклонно расширяется. Однако «золотая пора» водорода наступит тогда, когда ископаемых энергоносителей станет не хватать либо их нельзя будет беспрепятственно использовать. Экологическая обстановка в мире такова, что время водорода уже не за горами. Быть может, к этому времени будут найдены более производительные и дешевые способы его получения из воды. Например, плазмохимический [14], разложение воды под действием солнечного света в присутствии катализаторов, с помощью микроорганизмов [21].

5.4. ПОТЕПЛЕНИЕ ЗА СЧЕТ РАССЕЯНИЯ ЭНЕРГИИ

Ранее отмечалось (см 5.2), что источники энергии принято подразделять на возобновляемые (солнечная, ветровая, океаническая и гидроэнергия рек) и невозобновляемые (ископаемые виды топлива, ядерная энергия деления урана и энергия термоядерного синтеза). Использование возобновляемых источников энергии не приводит к дополнительному нагреванию планеты. Так, если с помощью гелеоустановки было изъято из окружающей среды какое-то количество солнечной энергии, то такое же количество в конце концов возвратится в биосферу. Возобновляемые источники не добавляют энергию в биосферу, их называют чистыми. Энергетика на невозобновляемых источниках (добавляющая энергия) приводит к дополнительному нагреванию среды обитания. Она засоряет окружающую среду. Потребление энергии за счет сжигания химического и ядерного (термоядерного) топлива сопровождается выделением тепла из внутренних источников нашей планеты. Такая ситуация может оказаться небезопасной, как только эта энергия станет соизмеримой с энергией, приходящей на Землю от Солнца.

По оценкам, приведенным в статье В. С. Троицкого «Будет ли на планете катастрофа?» (Правда. 1989. 15 сент.), безопасный предел использования добавляющей энергии может составлять не более одной десятой процента мощности падающей на Землю солнечной энергии, т. е. около 100 млрд кВт. Сейчас земная цивилизация производит для своих нужд (промышленность, быт, транспорт) добавляющую энергию мощностью 10 млрд кВт — всего в 10 раз меньше допустимого предела. Уже многие десятилетия ежегодный прирост энергопроизводства составляет около 3 % в год. При сохранении такого темпа прироста добавляющей энергии допустимый тепловой предел будет достигнут через 75 лет. Тогда в середине XXI столетия рост производства энергии за счет невозобновляемых источников энергии должен быть прекращен.

Оценивая перспективы развития энергетики, В. С. Троицкий рассматривает повышение средней глобальной температуры за счет рассеяния тепла как мусор цивилизации. Если при этом учесть потепление, обусловленное изменением состава атмосферы (повышение концентрации «парниковых газов», см. 5.1), то становится очевидной необходимость более ранней переориентации энергетики на возобновляемые источники энергии. Своевременное осознание этой необходимости тем более важно, что переход от использования невозобновляемых источников энергии

к возобновляемым потребует определенного времени и громадных материальных ресурсов.

6. ЗАРАЖЕНИЕ ЗЕМЛИ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ

6.1. ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ НА БИОСФЕРУ

Радиоактивное облучение в малых дозах вызывает у растений и животных явление гермезиса. Гермезис описывает общие явления в живых организмах, при которых малые дозы физических или химических воздействий стимулируют защитные механизмы (помогают выжить) и благоприятно действуют на здоровье. Доказательств положительного воздействия малых доз облучения на человека нет. Большие дозы облучения вызывают лейкемию (белокровие), раковые заболевания и бесплодие. Особенно опасно внутреннее облучение, когда радиоактивные вещества через кожу или пути питания попадают внутрь человеческого организма. Этот последний случай реализуется при загрязнении окружающей среды радиоактивными изотопами (радионуклидами). Опасность велика даже в случае, если радиоактивное вещество выводится из организма естественными путями. В зависимости от типа радиоактивности здесь появляется язвенная болезнь или ухудшается состав крови. Самый худший случай, когда радиоактивные изотопы химических элементов усваиваются организмом, расходуясь на построение тканей человеческого тела. Так, например, среди искусственных радиоактивных изотопов, которые образуются в ядерных реакторах, большую опасность представляют стронций-90 и цезий-137. Они характеризуются сравнительно большим периодом полураспада (28 и 33 года соответственно), повышенной активностью в экологических цепях, а также способностью концентрироваться в костях и мышцах живых организмов [64]. Несколько микрограммов или одного или другого радиоактивного вещества, попавших в организм человека, достаточно для летального исхода. Чрезвычайно опасно внутреннее облучение ураном, плутонием и многими другими изотопами [18]. Радиоактивное облучение, воздействуя на ДНК (дизоксирибонуклеиновую кислоту) — носитель наследственного аппарата человека и животных, вызывает мутации.

Интенсивное загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами началось вместе с испытаниями ядерного оружия в 1945 году. Оно стало снижаться после подписания в 1963 году Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой, и в настоящее время средний уровень загрязнения атмосферы не превышает предельно допустимых норм.

6.2. ЗАРАЖЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВСЛЕДСТВИЕ АВАРИЙ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Широкая общественность склонна считать основным источником загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами атомные электростанции (АЭС). Распространению этой точки зрения способствовали аварии ядерных реакторов на АЭС в Англии, США и Советском Союзе.

8 октября 1957 года в местечке Виндскейл (Шотландия) возник пожар в ядерном реакторе, предназначенном (для производства плутония. Радиоактивное облако распространилось над Англией, Уэльсом и Северной Европой. Об этом факте стало известно только через 30 лет³¹. Согласно этим рассекреченным данным авария повлекла за собой 33 смерти и 260 случаев раковых заболеваний щитовидной железы. Высокий процент заболеваемости лейкемией, отмечавшийся в этом регионе, был связан с утечкой радиоактивных веществ из потерпевшего аварии реактора.

28 марта 1979 года на американской АЭС «Тримайл-Айленд» (ТМА-2) в Гаррисберге произошла авария, вызвавшая беспокойство во всем мире [5]. Исходной причиной нештатной ситуации было прекращение подачи воды из-за засорения насосов. Автоматика «остановила» реактор, включились аварийные насосы. Однако трубопроводы были перекрыты задвижками и вода не смогла попасть к активной зоне реактора³². Персонал станции не принял необходимых мер, и после взрыва скопившегося водорода реактор «вскрылся» наполовину. Вниз с грохотом обрушилось около 20 тонн расплавленного топлива, имевшего температуру около трех тысяч градусов. Из-за разгерметизации продукты деления проникли в здание атомной станции. Боль-

³¹ См.: Наш общий дом—Земля: С опозданием на 30 лет // Волж. ком. муна. 1988. 31 янв. (№ 25).

³² См.: Хоукс Н. «Тримайл-Айленд» десять лет спустя // За рубежом. 1989. № 31. С. 14.

шую часть их удалось задержать. Благодаря принятым мерам никто из персонала станции не погиб, не был ранен или серьезно облучен. Прошло более 10 лет после аварии ТМА-2. На дезактивацию израсходован миллиард долларов, а работы по очистке станции от загрязнения радиоактивностью все еще продолжают-ся. После того как основную массу расплавленного топлива, собравшуюся на дне реактора, извлекут и вывезут, второй блок станции будет изолирован и останется под наблюдением 30 лет, пока соседний не выработает свой ресурс. После этого оба блока разберут на части и вывезут.

26 апреля 1986 года на Чернобыльской АЭС произошла авария четвертого блока уран-графитового реактора РБМК-1000³³. Объемный взрыв полностью разрушил верхнюю часть реакторного зала. Из жерла реактора постоянно истекал белый в несколько сот метров высотой столб продуктов горения графита. Радиоактивные вещества из активной зоны разгерметизированного реактора вместе с продуктами горения рассеивались в окружающую среду. По данным информации, представленной в МАГАТЭ об аварии на 6 мая³⁴, в атмосферу поступило 3,5 % продуктов деления, что составило приблизительно 63 кг радионуклидов. Суммарный выброс продуктов деления в Чернобыле (без радиоактивных благородных газов) в 85 раз превосходил заражение в Хиросиме и составлял $5 \cdot 10^7$ Кюри³⁵. Непосредственными виновниками катастрофы была группа работавших на станции людей. А в том, что она имела глобальные последствия, огромная доля вины приходится на конструкторов и ученых, имеющих отношение, прямое или косвенное, к этому печальному факту [65].

Последствия чернобыльской аварии оказались трагическими как для персонала станции, так и для жителей зараженной территории. При ликвидации аварии 4-го блока 27 человек получили смертельную дозу облучения³⁶. Авария вызвала широкий разброс радиоактивности. Выпадение радионуклидов было обнаружено на Украине (Киев, Винница, Ивано-Франковск, Ровно), в Белоруссии (Минск, Брест, Могилев), в Прибалтике

³³ См. об этом: [Информация Советского Союза для МАГАТЭ об аварии на Чернобыльской АЭС] // Атомная энергия. 1986. Т. 61. № 5. С. 317; Лега-сов В. А. «Мой долг рассказать об этом...» // Правда. 1988. 20 мая.

³⁴ Реактор 4-го блока продолжал гореть до 10 мая.

³⁵ При взрыве атомной бомбы над Хиросимой образовалось 0,74 кг радиоактивных продуктов деления.

³⁶ О чернобыльской аварии и ее последствиях см.: Ковалев М. В. Забвению не подлежит /Беседу записал А. Симуров // Правда. 1989. 11 февр.; Израэль Ю. Прошлое и прогноз на будущее // Правда. 1989. 2 марта; Одинец М., Покровский А. Слухи // Правда. 1988. 30 мая; Смирнов А., Улитенко А. Белорусская зона // Правда. 1989. 24 июля.

(Клайпеда, Рига) и многих других регионах. Заметные концентрации радиоактивности в дождевых осадках наблюдались в Австрии, ФРГ, Италии, Норвегии, Швеции, Польше, Румынии, Финляндии. Всего из зоны отселения в первый год были эвакуированы жители 186 населенных пунктов — 116 тысяч человек.

Несмотря на огромные работы, выполненные по дезактивации местности, радиация продолжает расползаться по лесам, полям с вешними и грунтовыми водами, с молочной, мясной и хлебной продукцией. Многочисленные бытовые, социальные, научные проблемы, связанные с чернобыльской катастрофой, ждут своего решения. Так, до настоящего времени не ясно, какова предельно допустимая доза облучения (ПДД) для человека в условиях радиоактивного заражения среды проживания. Здесь столкнулись три точки зрения³⁷. Первая, предложенная национальной Комиссией по радиационной защите, определяет ПДД в 35 бэр «за жизнь», т. е. за 70 лет. Вторая, отстаиваемая украинскими учеными, уменьшает эту дозу до 7 бэр. Третья, выдвинутая в Белоруссии, вообще исходит не из поглощенной дозы, а из уровня загрязненности местности проживания, определяя его предельно допустимую величину в 15 Кюри на км². В зависимости от этой величины, как известно, определяются: зоны эвакуации населения, территории возможного проживания при условии употребления в пищу «чистых» (привозных) продуктов и безопасные зоны. На состоявшемся в 1989 году первом Всесоюзном радиобиологическом съезде ученые констатировали, что радиобиология пока не готова давать рекомендации по ПДД для населения пораженных районов.

Чернобыльская трагедия породила у населения радиофобию, которую медики определяют как повышенную психоэмоциональную реакцию на реальную или мнимую опасность радиации. Начальные функциональные и вполне устранимые сдвиги при дальнейшем развитии могут реализоваться в виде сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных и других заболеваний с органическими поражениями внутренних органов.

Группа калифорнийских ученых на основании статистического анализа влияния чернобыльской аварии на здоровье населения планеты пришла к выводу, что радиоактивные выпадения после взрыва АЭС практически не представляют собой никакой опасности для большинства жителей всех стран³⁸.

Аварии на атомных электростанциях — это надводная, види

³⁷ См.: Владов Ф. Дискуссии не получилось // ИТР: Проблемы и решения. 1989. № 17. С. 7.

³⁸ См.: Число раковых заболеваний после чернобыльской аварии не возрастает // За рубежом. 1989. № 12. С. 20.

мая часть айсберга возможных каналов рассеяния радиоактивных веществ по планете. Другая часть айсберга — ядерная промышленность — вызывает не меньшую озабоченность. Загрязнение окружающей среды радионуклидами начинается задолго до пуска АЭС и не кончается тогда, когда она прекратит свое существование.

6.3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

Аварии на АЭС не дают полной картины экологической опасности загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами. Для этого нужно проанализировать рассеяние нуклидов на всех этапах ядерной промышленности — от добычи урановых руд до захоронения радиоактивных отходов и демонтажа АЭС, выработавших свой ресурс. На рис. 3 представлены основные этапы технологического цикла атомной промышленности и возможные пути утечки радионуклидов в окружающую среду.

Этап 1. Добыча и обогащение руды. Уран относится к рассеянными элементам. Наиболее богатые руды его содержат не более 2 % урана. Урановая руда, добытая из карьеров или шахтным способом, измельчается в песок при помощи дробилок или шаровых мельниц. Песок по транспортерам подается в сильное магнитное поле, где от него отделяется магнитный железняк Fe_3O_4 . Далее руда поступает на обогащение путем флотации. Песок взмучивается в емкостях с водой, в которую добавляются поверхностно-активные вещества. Пузырьки воздуха подхватывают легкую породу и всплывают, тяжелый урановый концентрат оседает на дно. Стопроцентное отделение соединений урана от породы достигнуть не удается. Поэтому песок, оставшийся после обогащения, содержит соединения урана. В США к 1982 году накопилось 175 млн т радиоактивных отходов песка, из которых постоянно выделяется радон-222 — газообразный продукт распада урана. В американском штате Колорадо этот якобы безвредный песок использовался для строительных работ. Когда стало известно, что излучение радона вызывает рак легких, отряды рабочих с отбойными молотками снесли тысячи жилых домов, школ и супермаркетов [18].

Этап 2. Получение гексафторида урана (UF_6). Естественный уран состоит из двух изотопов: тяжелого ^{238}U и легкого ^{235}U . Ядерным «топливом» для серийных АЭС служит легкий изотоп, которого в естественном уране всего 0,7 %. Для ядерных реакторов, работающих на медленных нейтронах, необходимо обогащение естественного урана изотопом-235 примерно до



Рис. 3. Этапы технологического цикла атомной промышленности и пути утечки радиоактивности

2 %). С этой целью уран переводится в газовую фазу. Урановый концентрат обрабатывают соответствующими химическими реактивами при повышенных температурах, чтобы получить гексафторид урана UF_6 — единственное газообразное соединение этого элемента. Отходами этих процессов являются загрязненные радиоактивностью химические реактивы (осадки, фильтраты и др.). Всякое вещество, вступившее в контакт с радионуклидами, само становится радиоактивным. Отходы подлежат захоронению.

Этап 3. Обогащение урана изотопом-235. Обогащение урана изотопом-235 осуществляется методом газовой диффузии гексафторида урана или с помощью центрифугирования. В первом случае газ пропускают через большое число последовательно соединенных ячеек, каждая из которых разделена на две половины пористой перегородкой. Молекулы легкого гексафторида чаще сталкиваются с пористой мембраной и проникают в другую половину ячейки³⁹. Газ за мембраной обогащается изотопом урана-235. При нарушении герметичности в окружающую среду проникает радиоактивный газ UF_6 .

Этап 4. Восстановление гексафторида урана. Восстановление осуществляется радиохимическими методами. Отходы, как и на втором этапе, представляют собой загрязненные радиоактивностью химические вещества.

Этап 5. Изготовление тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов). ТВЭЛы из металлического урана изготавливают путем механической обработки, из окислов урана — путем концентрирования гранул в оболочки из нержавеющей стали или циркония. Все процессы осуществляются в твердой фазе. Утечка радиоактивности при соблюдении правил работы здесь минимальна. Полностью избежать технологических потерь на всех рассмотренных выше этапах технологического цикла ядерной промышленности не удается.

Этап 6. Работа АЭС. Атомные электростанции при нормальных (не аварийных) режимах работы выделяют лишь небольшое количество радиоактивных газов, поэтому их считают экологически чистыми источниками электроэнергии.

Этап 7. Переработка (регенерация) ТВЭЛов. Через определенное время работы атомной электростанции, когда поток нейтронов в активной зоне падает за счет «отравления» продуктами деления, ТВЭЛы извлекают из ядерного реактора и отправляют на заводы регенерации ядерного горючего. Здесь начинается самый сложный, дорогостоящий и до конца не отработанный с экологической точки зрения этап. ТВЭЛы режут на мелкие

³⁹ Это следует из основного закона молекулярной теории газов,

части и растворяют в кислотах. Полученную агрессивную жидкость с набором радионуклидов обрабатывают химическими реагентами, отстаивают, фильтруют и т. д. для того, чтобы извлечь непрореагировавший уран, плутоний и радиоактивные изотопы элементов середины периодической системы Менделеева. Этот этап ядерной промышленности отличается от всех предыдущих тем, что здесь в окружающую среду поставляются радиоактивные вещества (РАО), не существовавшие ранее в природе в ощутимых количествах [30]. Эти искусственные радионуклиды неизмеримо более опасны для биосферы, чем естественно-радиоактивные вещества. К радиоактивным веществам, встречающимся в природе, живой мир эволюционно приспособился, они не концентрируются в растениях и животных. Растения в 10 ... 100 раз меньше содержат естественных радионуклидов, чем в среднем в почве. Обратная ситуация имеет место с РАО. Выше отмечалось (см. 6.1), что стронций-90 и цезий-137 усваиваются растениями и животными. В результате их концентрация в некоторых сельскохозяйственных растениях превышает концентрацию в зараженной почве в 70 ... 100 раз. Рыбы и водные растения накапливают радиоактивные стронций и цезий до концентраций, в тысячи раз превышающих их концентрацию в воде.

Активность вынимаемых из реактора ТВЭЛов в 10 тыс. раз больше, чем закладываемых. РАО необходимо надежно изолировать от окружающей среды на 600 ... 1000 лет, пока их радиоактивность не приблизится к исходной [65]. Пути изоляции РАО в биосфере — хранение и захоронение. Проблема изоляции радиоактивных отходов состоит в том, что их образуется слишком много. Масштабы накопления радиоактивных отходов потрясают. Так, например, с 21 западногерманской АЭС ежегодно в общей сложности выходит около 300 тонн использованных ТВЭЛов. В США в 1986 году хранилось 12 тыс. т отработанных ТВЭЛов. К 2000 году к ним добавятся очередные 40 тыс. т [18]. В Великобритании к 2000 году прогнозируется суммарный объем РАО — 585 тыс. м³ [30]. Количество радиоактивных отходов возрастает при переработке ТВЭЛов примерно в 15 раз за счет заражения радиоактивностью химических реагентов, которые используются для этой цели. Для переработки, например, 850 т ТВЭЛов на фабрику требуется подать 170 вагонов груза. В обратный путь в этом случае придется отправлять 2500 вагонов радиоактивных отходов [18]. Проблема захоронения РАО до сих пор не решена. Большинство стран ввиду сложности вопроса и больших затрат ограничиваются исследованиями, полевыми экспериментами и опытными захоронениями, оставляя решение проблемы на период после 2000 года [30]. В Советском Союзе

еще не приступили к широкой промышленной переработке ядерного топлива. Поэтому, как и в большинстве стран, развивающих атомную энергетику, мы храним отработанное топливо на складах при АЭС или отдельно расположенных хранилищах.⁴⁰

Этап 8. Демонтаж блоков АЭС, выработавших ресурс. Корпуса выработавших ресурс реакторов, различные виды оборудования под воздействием нейтронов становятся радиоактивными (наведенная активность). При демонтаже блока АЭС они дают свой вклад в загрязнение биосферы. Так, например, в ФРГ при планируемом демонтаже 12 АЭС масса твердых отходов составит 85 тыс. т. Сейчас в мире прекратили работу и находятся в различных стадиях демонтажа 40 реакторных блоков [18]. По прогнозам американских специалистов, в ближайшие 30 лет в различных странах будет остановлено 350 атомных электростанций. Американцы рекомендуют фирмам, эксплуатирующим АЭС, заблаговременно откладывать деньги, ибо остановка АЭС обойдется примерно во столько же, сколько стоит строительство новой ядерной электростанции [18]. Капитальные затраты на строительство АЭС составляют миллиарды рублей [65].

6.4. НУЖНЫ ЛИ АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ?

Аварии на атомных электростанциях и особенно чернобыльская катастрофа поставили перед учеными и общественностью мира проблему: нужны ли атомные электростанции? В центре дискуссии по этой проблеме два вопроса: оправданность риска аварий на АЭС и радиоактивное заражение Земли отходами ядерной промышленности.

Атомные электростанции эксплуатируются в 25 странах, еще в 16 строятся или проектируются. Во Франции доля ядерной энергетики в производстве электроэнергии сейчас самая высокая в мире — более 70 %. В Бельгии ядерная энергетика обеспечивает 66 % всей электроэнергии, в Швеции — 50 %, в Финляндии — 37 %, в Великобритании и США — 18 %, в Японии — 29 %, в Южной Корее — 53 %, в СССР — около 11 %, в Венгрии — 39 %. Ориентация Франции на атомную энергетику связана с отсутствием на ее территории запасов угля, нефти, газа. Подобная ситуация имеет место в Японии, где в настоящее время действует 36 АЭС и 20 — строятся. В США сейчас работают 111 реакторов, 12 — строятся и 2 находятся в демонтаже⁴¹.

⁴⁰ Куда идут ядерные отходы // Лит. газета. 1988. 28 дек. С. 9.

⁴¹ Панасенко С. Сегодня — да, завтра — ? // НТР: Проблемы и решения. 1989. № 18. С. 7.

После аварии на АЭС «Тримайл-Айленд» с 1979 года и по сей день фирмам США не была заказана ни одна АЭС, а заказы на все 47 атомных станций (108 блоков), сделанные между 1974 и 1979 годами, были аннулированы⁴². Заказчики утратили доверие к надежности реакторов. Чтобы спасти атомную энергетику от вымирания, американцы проектируют новые типы реакторов — «реакторы с внутренней безопасностью». Это высокотемпературные реакторы, которые вместо воды охлаждаются сжатым гелием. Если во время работы реактора прекратится подача теплоносителя, то и в этом случае расплавление активной зоны не произойдет. Реактор планируется ввести в эксплуатацию в 2001 году [74]. В Швеции в результате опроса общественного мнения, проведенного в 1988 году, до 80 % населения высказались против использования ядерной энергии. Шведское правительство разработало план демонтажа всех четырех АЭС к 2010 году⁴³. Дефицит энергии предполагается покрывать за счет поставок газа из СССР, пока не будет построена в прибрежных районах страны сеть электростанций, использующих энергию ветра. В Югославии существует всего одна АЭС мощностью 623 МВт. В 1989 году Скупщина Югославии приняла закон о моратории на строительство АЭС. В Индии в 1989 году в строй действующих вступила 4-я АЭС. К началу 1989 года в Советском Союзе действовало 16 атомных электростанций, где было установлено 45 реакторов общей мощностью 34,4 млн кВт. Одновременно на 15 строительных площадках возводились новые или расширялись уже действующие АЭС⁴⁴. В развернувшейся среди наших ученых дискуссии сторонников развития атомной энергетики легко узнать по ведомственной принадлежности. Все их выступления сводятся к оправданию риска атомной энергетики. Никто не станет спорить, что степень риска аварии АЭС во много раз меньше по сравнению с риском на транспорте. Однако, садясь за руль или покупая билет на самолет, человек рискует сознательно. Жители Белоруссии, Украины, РСФСР, пострадавшие от аварии на Чернобыльской АЭС, были принуждены к риску. Их согласия на размещение АЭС «вблизи их дома» не требовалось. Свобода рисковать собственной жизнью и здоровьем является неотъемлемым элементом личной свободы, свобода при-

⁴² Хоукс Н. «Тримайл-Айленд» десять лет спустя // За рубежом. 1989. № 31. С. 14.

⁴³ О проблемах АЭС в различных странах см.: Россемс Ф. Взгляд на АЭС // НТР: Проблемы и решения. 1989 № 13. С. 2; Фадеев Е. Атомная без каникул // Правда. 1989. 27 авг.; Швеция ликвидирует свои АЭС // За рубежом. 1988. № 34. С. 20.

⁴⁴ Панасенко С. Сегодня — нет, завтра... // НТР: Проблемы и решения. 1989. № 20. С. 7.

нуждать к такому риску людей есть покушение на личную свободу. Британское Королевское общество указало, что правы здесь те правительства, которые идут на поводу у общественного мнения, а не следуют рекомендациям ученых экспертов [46]. Оправдания риска эксплуатации АЭС встречаются и на международном уровне. Достаточно прочесть интервью генерального директора МАГАТЭ Х. Бликса «Велика ли степень риска?» (Правда. 1988. 18 нояб.) или выступление президента Исполнительного комитета Мировой энергетической конференции М. Буатэ «Атомная энергетика и экология» (Правда. 1989. 26 февр.). Было бы не справедливо подозревать столь авторитетных специалистов в ведомственных взглядах. По-видимому, дело здесь в том, что прогресс науки и промышленности привел к расширению понятий надежности и риска применительно к крупным народнохозяйственным комплексам, особенно таким, аварии на которых связаны с глобальными экологическими последствиями. Объекты атомной энергетики должны быть абсолютно надежны, вероятность отказа энергоблока АЭС за весь ресурсный период должна быть равна нулю. В противном случае экологические, социальные, медицинские и другие последствия аварии могут намного превысить все затраты на создание, эксплуатацию и ожидаемый эффект от этого комплекса. Если же возможность отказов просматривается, необходимо устранить причину отказа либо предусмотреть специальные средства по ликвидации последствий. Если и это сделать невозможно (например, слишком дорого), то следует отказаться, по крайней мере на время, от реализации подобного проекта [44].

Чтобы ответить на вопрос, нужны ли атомные электростанции, следует учесть еще одно обстоятельство. Энергетические блоки АЭС в настоящее время работают на медленных нейтронах и используют в качестве «ядерного топлива» изотоп урана-235, содержание которого в естественном уране всего 0,7 %. Мировых запасов урана-235 хватит всего на 27 лет⁴⁵. Целесообразно ли строить дорогостоящие АЭС на медленных нейтронах? Если и далее развивать атомную энергетику, то необходимо использовать реакторы на быстрых нейтронах, ядерным топливом для которых служит изотоп урана-238. Запасы урана-238 могут обеспечить потребность в энергии в течение 2500 лет. Это, кажется, спасает положение. Однако «быстрые реакторы» используют жидкометаллический теплоноситель — натрий, что увеличивает вероятность взрыва [24].

⁴⁵ Ср.: Троицкий В. Будет ли на планете катастрофа // Правда. 1989. 15 сент.

Таким образом, строительство новых АЭС в настоящее время нецелесообразно по следующим причинам:

1. Ни один из специалистов-ядерщиков не может дать полной гарантии надежности АЭС [4].

2. Запасов урана-235 слишком мало, чтобы развивать традиционную атомную энергетику. Для АЭС попросту не хватит «горючего», чтобы обеспечить их ресурсное время эксплуатации. Реакторы на быстрых нейтронах, позволяющие использовать изотоп урана-238, пока не обладают достаточной надежностью.

3. Нельзя развивать атомную энергетику до тех пор, пока не будет решена проблема надежного захоронения радиоактивных отходов.

4. Атомная энергетика не может претендовать на развитие, если рассматривать более длительный период. В середине следующего столетия, когда энергопотребление будет приближаться к тепловому барьеру, она, как и другие источники «добавляющей» энергии, должна будет постепенно сворачиваться.

Атомная энергетика — слишком дорогая отрасль. Подсчитано, что если при существующих тенденциях экономического развития заменить к 2025 году традиционные энергоносители атомной энергией, то каждые три дня в мире придется вводить в строй один реактор мощностью в 1000 МВт. Для этого ежегодно потребуются капиталовложения на сумму более 100 млрд долларов. Если эти средства направить на развитие и совершенствование других энергетических технологий, то эффект будет в 5—7 раз больше.

В настоящее время мы находимся на переломном этапе. Ясно, что в ближайшее время изменится традиционная энергетическая структура. Очевидно, в каждой стране энергетические проблемы будут решаться по-своему.

6.5. ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГИИ

Чтобы пережить трудный этап перехода к возобновляемым энергоносителям, необходима всемерная экономия энергии. Советский Союз по объему потребления энергии занимает второе место в мире после США. В 1988 году США израсходовали 1941 млн т нефтяного эквивалента, Советский Союз — 1397 млн т⁴⁶. Между тем уровень технологий, а также «уровень жизни» в нашей стране значительно ниже, чем в США. Пути экономии общеизвестны: за счет внедрения менее энергоемких

⁴⁶ Цифры и факты // За рубежом. 1989. № 41. С. 3.

технологий, сокращения потерь металла, более эффективного сжигания топлива, использования вторичного сырья и т. д. Экстенсивное развитие экономики оставило нам «богатое» наследство порой потрясающей бесхозяйственности. Так, по подсчетам японских специалистов, потери стали в СССР при горячей прокатке составляют 30 %. Непрерывная разливка стали сводит эти потери к минимуму. Способ непрерывной разливки стали в вертикальные кристаллизаторы был разработан в СССР в 50-х годах. Затем наши специалисты предложили более удобные горизонтальные кристаллизаторы. В настоящее время объем непрерывной разливки стали в СССР составляет 14 %, в Японии — 93 %, в ФРГ — 85 %, в Южной Корее — 71 %. Потери электроэнергии в черной металлургии равняются по объему, вырабатываемому всеми атомными электростанциями страны. Кроме этого, 30 % электроэнергии в стране теряется при ее передаче, так как многие электростанции были построены далеко от потребителя [19] и т. д.

Начиная с 1972—1973 г.г., в капиталистическом мире разразился энергетический кризис. Возросли цены на нефть и другие энергоресурсы. Это привело к массовому внедрению новых ресурсо- и энергосберегающих технологий. Так, в США за 10 лет (с 1972 по 1982 годы) энергоемкость единицы валового национального продукта снизилась на 24 %.⁴⁷ За 16 лет (с 1973 по 1986 годы) в Японии валовой национальный продукт более чем удвоился, потребности в энергоресурсах возросли на 7...8 %⁴⁸. Ничего подобного в нашей стране не наблюдалось. Мы в то время наращивали добычу нефти и заключали «сделки века» на поставку энергоресурсов за рубеж.

6.6. «ТЕПЛОЙ ПОРОГ» ЗЕМЛИ И НАРОДОНАСЕЛЕНИЕ

Фонд народонаселения при ООН опубликовал отчет о численности жителей на планете, ее динамике и перспективах влияния на среду обитания. Три с половиной века назад на Земле было около 500 млн человек, к началу наполеоновских войн стало более 1 млрд, к концу первой мировой войны — 2 млрд. В 1960 году народонаселение достигло 3 млрд, в 1975 — 4 млрд, в 1987 — 5 млрд; предполагается, что к 2000 году оно превзойдет 6 млрд, а в 2010 году приблизится к 7 млрд [48].

⁴⁷ Лепихов А. Дефицит энергии мнимый // НТР: Проблемы и решения. 1989. № 14. С. 5.

⁴⁸ Овчинников В. После «нефтяного шока» // Правда. 1986. 14 янв.

Главным фактором роста энергопроизводства являются рост численности населения и прогресс качества жизни общества, который тесно связан с потреблением энергии на душу населения. Сейчас на каждого жителя Земли приходится два киловатта, в то время как признанная норма качества жизни характеризуется мощностью 10 киловатт на человека. Последнее сейчас имеет место лишь в немногих развитых странах. Понятие высокого качества жизни — в его материальной части — характеризуется обеспеченностью чистыми продуктами питания, чистым воздухом и водой, обогреваемым зимой и охлаждаемым летом жильем, личным и общественным транспортом, бытовыми услугами и т. п. Если все население Земли рано или поздно должно иметь душевое потребление 10 киловатт, то при стабилизации энергопроизводства, на уровне теплового барьера (100 млрд киловатт), численность населения не должна превышать 10 млрд человек. Таким образом, развитие энергетики на невозобновляемом топливе ставит жесткий предел численности населения планеты. Но при сохранении существующего сейчас темпа прироста населения, который составляет около двух процентов в год, через 75 лет население Земли удвоится, достигнув 20 млрд человек. Отсюда видно: уже сейчас надо думать о сокращении темпов прироста населения примерно вдвое, к чему цивилизация, видимо, совсем не готова. Мы фактически имеем дело с надвигающимся энергодемографическим кризисом. Радикальным способом исключения его может быть лишь развитие недобавляющей энергетики на возобновляемых источниках. При этом необходимость стабилизации численности населения по энергетическому критерию не будет столь срочной, так как открывается десятикратный резерв роста энергетики.

Промышленно развитые страны несут большую долю ответственности за ухудшающееся состояние среды. Хотя в них живет менее 1/4 человечества, потребляют они до 3/4 всей производимой в мире энергии.

6.7. ЗАРАЖЕНИЕ БИОСФЕРЫ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Плутоний для атомной и тритий для водородной бомбы (продукты ядерных превращений) извлекаются при переработке ТВЭЛов реакторов-размножителей, работающих на быстрых нейтронах. В этом случае, так же как и при регенерации ТВЭЛов АЭС, образуется большое количество высокоактивных радионуклидов (РАО). На первых этапах создания ядер-

ного оружия, когда ни у нас, ни у американцев не было опыта, в биосферу было рассеяно большое количество РАО. В Челябинской области вблизи города Кыштым в 1948 году был введен первый промышленный ядерный реактор для получения плутония [45]. База для удаления радиоактивных отходов не была подготовлена. С 1949 по 1952 годы в открытый водоем было сброшено несколько миллионов Кюри радионуклидов. Затем в близлежащее озеро Карачай поступило 120 млн Кюри (в 2,5 раза больше, чем в Чернобыле).⁴⁹ 29 сентября 1957 года на складе радиоактивных отходов произошел взрыв. В воздух было поднято 2 млн Кюри радионуклидов. Образовалось радиоактивное облако длиной 105 км и шириной 6...8 км. Это вызвало заражение территории, на которой проживало 17 тысяч человек. Все они были переселены⁵⁰.

В США в местечке Хемфорд (штат Вашингтон) завод по производству плутония долгие годы выбрасывал радиоактивные отходы просто за пределы заводской территории. Вокруг завода в природных и искусственных водоемах были разлиты миллионы литров жидких РАО. Заражение окружающей среды при этом оказалось эквивалентным взрыву пятидесяти ядерных бомб⁵¹. По сведениям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), на начало 80-годов в США было накоплено 200 тысяч кубометров радиоактивных отходов военного происхождения, что превышало отходы АЭС в 700 раз [65].

Ядерная промышленность и энергетика таят в себе еще одну опасность. Любой военный конфликт, даже без применения ядерного оружия, создаст ситуацию, когда каждая сторона будет стремиться нанести максимальный ущерб противнику. Объекты ядерной промышленности: атомные электростанции, заводы по обогащению урана, ядерные арсеналы — самые уязвимые цели. Подсчитано, что полное разрушение одной атомной электростанции создаст заражение окружающей среды, сопоставимое с радиоактивными последствиями взрыва термоядерной бомбы в одну мегатонну [66].

6.8. НЕКОНТРОЛИРУЕМОЕ РАССЕЙНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ

Ядерная промышленность подняла из недр Земли большое количество урана, дополнительно «наработала» и про-

⁴⁹ По данным газеты «Аргументы и факты» (1989. № 34. С. 8).

⁵⁰ См.: Губарев В. Ядерный след // Правда. 1989. 25 авг.

⁵¹ См.: Утечка..., пятидесяти ядерных бомб // Аргументы и факты. 1989. № 27. С. 3.

должает производить самые опасные отходы человеческой деятельности — радионуклиды (РАО). Какие бы меры ни принимались для изоляции РАО от окружающей среды, радиоактивность продолжает распространяться по планете. Этому способствует то обстоятельство, что радиация не фиксируется органами чувств человека, она не имеет ни цвета, ни запаха, ни вкуса.

В 1989 году в одной из квартир г. Краматорска был обнаружен точечный источник убийственной радиации, находящейся в стене детской комнаты. Это стоило жизни трех детей, последовательно проживавших в этой квартире⁵².

В Новосибирске в том же году была составлена радиационная карта города. Путем вертикальной съемки с воздуха чувствительными приборами удалось выявить 84 радиационных аномалии: жилой дом (частный), построенный из радиоактивного кирпича, участки зараженной земли, кирпичи, брусья, металлоконструкции, металлические магистральные водопроводные трубы и др. В устье реки Ельцовки-2 было обнаружено пятно радиоактивного грунта 800×200 м, который принесли воды реки с ее верховий [22].

Известны подобные случаи и в других странах. Так, в сентябре 1987 года в бразильском городе Гаянин на обычной свалке найдена ампула с порошком радиоактивного цезия-137. Пока выясняли природу находки, более 200 человек получили различную дозу облучения. Одному из пострадавших ампутировали руку⁵³.

6.9. ПОСЛЕДСТВИЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАРАЖЕНИЯ ЗЕМЛИ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ

Чтобы составить представление о возможных последствиях заражения биосферы радиоактивностью, обратимся к одной из гипотез о причинах вымирания динозавров. Выше отмечалось (см. 2), что 65 млн лет тому назад за весьма короткий (по геологическим масштабам) период на Земле вымерло 75 % живых существ, в том числе динозавры. Причиной массовой гибели растений и животных, согласно этой гипотезе, было загрязнение среды их обитания ураном и другими радиоактивными элементами. Повышенная радиоактивность в тот период

⁵² Глотов Б. Тайна квартиры № 85 // Правда. 1989. 8 дек.

⁵³ См. об этом: Свистунов С. Убийца под именем Цезий // Правда. 1990. 19 янв.

была связана с усилением вулканической деятельности и выносом на поверхность Земли урана и других сопутствующих элементов. Уран и радиоактивные продукты его распада усваивались живыми организмами и, воздействуя на наследственный аппарат, давали среди потомства особи, не приспособленные к существующим в то время природным условиям. Так на протяжении ряда поколений происходило вырождение растений и животных. Менее приспособленными оказались высокоорганизованные формы жизни, а таковыми в то время были динозавры. Вымирание усугублялось отравлением природы химическими соединениями тяжелых металлов — спутников урана. Доказательством этой гипотезы является обнаружение геологами в многометровой толще древних осадочных пород сравнительно тонких (обычно 30 ... 50 м) слоев, богатых планктоногенным органическим веществом и почти всегда — ураном. Возраст этих слоев соответствовал катастрофе, которая произошла 65 млн лет тому назад. Ученые выявили периодичность появления слоев, которая совпала с периодами усиления вулканической активности на Земле. Вулканизм, как известно, объясняется с помощью горизонтальных перемещений литосферных плит, скорость движения которых связана с вращением Солнечной системы вокруг центра Галактики. В результате получилась подкупающе убедительная картина справедливости этой гипотезы [38]. Если загрязнение биосферы радиоактивностью будет продолжаться, то человека ожидает участь динозавров с той лишь разницей, что причиной гибели будет он сам.

7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

После второй мировой войны в Европе и Северной Америке вопросу удаления химических отходов промышленности не придавали большого значения до тех пор, пока в конце 70-х годов в США вдруг обнаружили 20 тыс. т химических отходов в районе Ниагарского водопада. Пришлось эвакуировать 2,5 тыс. человек. В этих местах были зарегистрированы многочисленные случаи заболеваний раком и рождения детей с физическими дефектами. Подобные случаи все чаще и чаще наблюдались в различных странах.

В 1983 году развитые капиталистические страны получили в результате производственной деятельности 1 млрд тонн промышленных отходов, в том числе 292 млн тонн губительных для окружающей среды и человека. Промышленно развитые страны пытаются решить проблему токсичных отходов, вывозя их в развивающиеся страны. Так, в 1988 году 22,5 млн тонн этих вредных отходов были без лишнего шума складированы на Африканском континенте⁵⁴.

Советский Союз по масштабам загрязнения окружающей среды токсичными отходами мало чем отличается от других развитых стран. В нашей стране вредные отходы, не подлежащие переработке, хранятся вблизи мест их производства. Например, производственное объединение «Беларуськалий» 20 лет складировал отходы на неподготовленную поверхность. Образующиеся с каждым новым дождем рассолы стекают по склонам калийных «гор», попадают в почву, отравляя все живое⁵⁵.

К токсичным отходам предприятий различных отраслей добавляется продукция химических производств (пестициды, моющие средства, пищевые консерванты, растворители и т. п.), которая в конце концов рассеивается в окружающей среде. Живое вещество планеты (микроорганизмы, растения, животные, человек) должно ассимилировать эти токсины или погибнуть.

Токсичные вещества антропогенного происхождения — это новая общепланетарная опасность, нависшая над биосферой.

7.1. ГЛОБАЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ

Трудно назвать промышленность, которая не загрязняла бы окружающую среду теми или иными металлами. Плавка руды сопровождается выбросом в атмосферу мышьяка и свинца; пепел от сжигания угля содержит цинк, медь, ртуть; тепловые электростанции загрязняют водоемы селеном, кадмием и никелем. Ежегодно промышленность нашей страны выбрасывает в окружающую среду 150 тысяч тонн тяжелых металлов, в том числе гальванические цехи — 50 тыс. тонн [49]. Токсичность металлов, ежегодно выбрасываемых мировой промышленностью, превышает токсичность выбрасываемых радиоактивных отходов и органических загрязнений вместе взятых [57].

В организм человека с пищей, водой и воздухом проникает множество химических веществ (органических и неорганических).

⁵⁴ Куда девать токсичные отходы? // За рубежом. 1988. № 40. С. 16.

⁵⁵ Терриконы предупреждают // Правда. 1989. 24 апр.

ких) для него совершенно чуждых, а нередко и очень вредных. Ученые в полной мере осознали значение постоянного присутствия чужеродных веществ в пище совсем недавно — в 50-е годы. Тогда же было дано и определение понятию «чужеродное вещество» — «ксенобиотик» (от греческого «ксенос» — чужой, «биос» — жизнь). Ксенобиотик — это вещество, которое данный организм не может использовать ни для производства энергии, ни для построения каких-либо своих частей. Так как первые ксенобиотики, привлекая внимание ученых, были созданы человеком, то этот термин закрепился за химическими соединениями, способными навредить живой природе [11]. Ученые обнаружили существование в организме животных и человека четыре основных механизма защиты от ксенобиотиков.

1. Система барьеров, препятствующих проникновению ксенобиотиков во внутреннюю среду организма, а также защищающих особо важные органы — мозг, половые органы и некоторые железы внутренней секреции. Барьеры, стоящие на страже внутренней среды организма, образованы одно- или многослойными пластами клеток. Каждая клетка одета тончайшей жировой пленкой — липидной мембраной, почти непроницаемой для растворимых в воде веществ. Тем более трудно, а то и невозможно этим веществам преодолеть один или несколько слоев клеток. Однако вещества, хорошо растворяющиеся в липидах, могут преодолеть такой барьер. Роль барьера в организме животных и человека играют кожа, эпителий, выстилающий внутреннюю поверхность желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей. Защита особо важных органов состоит из барьеров, расположенных между тканью и кровью, которые функционируют подобным образом.

2. Особые транспортные механизмы для выведения ксенобиотиков из организма. Наиболее мощные из них находятся в клетках печени и почечных канальцах.

3. Ферментные системы, которые превращают ксенобиотики в менее ядовитые и легче поддающиеся выводу соединения. Наиболее мощные системы находятся в клетках печени.

4. Депо для ксенобиотиков. Некоторые из ксенобиотиков избирательно накапливаются в определенных тканях и длительное время в них сохраняются.

Эти системы защиты сформировались эволюционно для того, чтобы воспрепятствовать проникновению в организм животных и человека естественных токсинов, существующих в природе. Они успешно справляются с ксенобиотиками антропогенного происхождения до тех пор, пока их концентрация не превысит предельно допустимое значение (ПДК). При высокой концентрации ксенобиотиков эти механизмы оказываются неэффектив-

ным. Выяснилось, что некоторые ксенобиотики могут повреждать клетки барьеров. Так, одной из причин бесплодия у мужчин является нарушение защитного барьера в семеннике. Из года в год число лиц с повреждением барьера растет, причем стали преобладать тяжелые формы повреждения, сопровождающиеся полной гибелью половых клеток. С ростом загрязнения воздуха, воды и пищи различными ксенобиотиками не у всех мужчин барьер в семеннике выдерживает. Опыты на животных показали, что сильнее всего повреждают барьер соединения кадмия.

7.2. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОСФЕРУ

Калийные, фосфорные и азотные удобрения (туки) представляют собой питание для растений. Если они вводятся в почву в таких количествах и в такие сроки, что растения их усваивают полностью, то это способствует повышению урожайности и не опасно для биосферы. Загрязнение биосферы происходит от несоблюдения сроков или избыточной дозировки туков. Зеленые части и корнеплоды многих растений способны накапливать соединения азота в больших количествах. Проблема нитратов рождена XX веком. По данным ООН, мировое производство азотных удобрений только за период с 1962 по 1975 годы возросло с 16 до 42 млн тонн. Соответственно возросло содержание нитратов и нитритов в кормовых культурах, продуктах питания и окружающей среде [55].

Проведенные Минздравом Молдавии исследования показали, что дошкольники и школьники ежегодно употребляют воду с содержанием нитратов выше 45 мг/л (максимальная норма Всемирной организации здравоохранения — ВОЗ), чаще болеют, у них снижены защитные силы организма и нарушен обмен веществ. Все это связано с токсическим действием нитратов и нитритов: они замедляют тканевое дыхание, влияют на деятельность щитовидной железы, вызывают мутации и развитие опухолевых клеток. В пищеварительном тракте нитраты частично восстанавливаются микрофлорой в нитриты. Образовавшиеся нитриты взаимодействуют с аминами, образуя канцерогенные нитрозоамины. У взрослых людей небольшие количества нитратов выводятся из организма почками. У детей ферментные системы развиты слабо, а нитраты в организме практически полностью переходят в нитриты. Известны случаи острого отравления и смерти детей из-за употребления продуктов, содержащих 80—1300 мг/л нитрат-ионов. При длительном хранении содержание нитритов и канцерогенных нитрозоаминов в продуктах увеличивается.

От бездумного использования и халатного отношения к хранению удобрений деградирует почва, загрязняются водоемы, происходит отравление животных.

7.3. ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА БИОСФЕРУ

Пестициды (ядохимикаты) — химические препараты для борьбы с сорняками (гербициды), с вредителями (инсектициды) сельскохозяйственных растений, деревьев и кустарников. Пестициды — в подавляющем большинстве органические вещества — не нужны растениям для питания. Гербициды при обработке посевов избирательно угнетают развитие сорняков, пока культурные растения не пойдут в рост (химическая прополка посевов). Инсектициды убивают вредителей.

7.3.1. ПРЕПАРАТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ДИОКСИН

Диоксин — один из самых сильных и коварных ядов, известных человечеству. Он не подавляет определенные функции организма, как обычные яды, например цианиды [43]. Диоксин, наоборот, повышает активность некоторых естественных катализаторов в организме — ферментов, что приводит к нарушению обмена веществ ряда систем растений, животных и человека. Поэтому ничтожных количеств диоксина достаточно для поражения организма. Диоксин — тотальный яд, поскольку даже при малых концентрациях он поражает практически все формы живой материи от бактерий до теплокровных животных и человека. В малых дозах диоксин вызывает у человека мучительные заболевания кожи — болезнь, получившую название хлоракне. Появляются долго не заживающие язвы, кожа становится хрупкой, покрывается многочисленными пузырьками, которые лопаются и обнажают часть тела, лишённую кожного покрова. При попадании больших количеств диоксина в организм человека проявляется общетоксическое воздействие яда, а также развиваются заболевания, связанные с поражением печени, иммунной и центральной нервной системы. Диоксин даже в малых концентрациях является канцерогеном (вызывает раковые заболевания), мутагеном (действует на наследственный аппарат) и оказывает тератогенное воздействие (нарушение внутриутробного развития плода и появление уродства у потомства). Диоксин — кристаллическое вещество с высокой температурой плавления (305 °С) и очень низкой летучестью, плохо растворяется в воде. Вещество химически инертное: ни кислотами, ни щелочами не разлагается. Он отличается высокой стабильностью,

долго сохраняется в окружающей среде (за 10 лет его концентрация снижается только на 50 %), эффективно переносится по цепям питания и таким образом длительно воздействует на живые организмы. Из почвы яд выводится преимущественно механическим путем [68].

Препараты, содержащие диоксин, в 30-х годах начали впервые применять как средство для консервации древесины. В 40-х годах на основе диоксина в США были разработаны гербициды и инсектициды. С этой поры началось быстрое распространение диоксина по планете. Препараты широко распространялись в странах американского континента, а также экспортировались в Африку, Юго-Восточную Азию, Австралию и Океанию. В период с 1961 по 1972 годы с помощью препаратов, содержащих диоксин, США вели химическую войну во Вьетнаме. Оценить масштабы загрязнения природы нашей планеты диоксином не представляется возможным. По неполным официальным данным, только во Вьетнаме, США рассеяли 57 тысяч тонн пестицидов, содержащих диоксин.

Как могло случиться, что опаснейший из ядов столь длительное время распространялся по Земле? Препараты, содержащие диоксин, представляют собой отходы ряда крупнотоннажных химических производств. Начиная с первой половины 30-х годов, фирмы США по существу выгодно утилизировали эти отходы, находя все новые и новые области их применения (сельское хозяйство, медицина и др.) и расширяя географию использования яда, несмотря на многочисленные сообщения о массовых заболеваниях рабочих и населения. США использовали препараты, содержащие диоксин, в качестве нового оружия, осуществляя преднамеренное уничтожение среды обитания человека (экоцид) — тягчайшие преступления против человечества. В январе 1983 года в г. Хошимине состоялся Международный симпозиум, посвященный отдаленным последствиям химической войны во Вьетнаме. Присутствующие могли убедиться, что у пораженных диоксином людей наблюдались такие же аномалии, как у жителей Хиросимы, пострадавших от атомной бомбардировки. Было констатировано, что среди новорожденных отмечались многочисленные уродства: отсутствие носа, глаз, ушей, укороченные конечности, отсутствие некоторых частей тела, например предплечья, верхней челюсти. Многие из этих аномалий ранее не наблюдались ни в одном из районов мира.

В нашей стране своевременно, уже при первых попытках организации, было запрещено производство, импорт и применение препаратов, способствующих рассеянию диоксина в окружающей среде, поэтому острой проблемы диоксина на территории Советского Союза не существует. Тем не менее сейчас

известно, что диоксин образуется при пиролитическом разложении любых органических веществ в присутствии источников хлора: при сжигании мусора в печах, при пиролизе хлорвинила. Было обнаружено, что диоксин образуется также при сжигании опавших листьев, при лесных пожарах. И хотя это второстепенные источники диоксида, однако их множественность настоятельно требует постоянного контроля за всеми высокотемпературными превращениями, где используются соединения углерода и хлора.

7.3.2. ДДТ (ДИХЛОРДИФЕНИЛТРИХЛОРЭТАН, ДУСТ)

Препарат ДДТ, широко применявшийся в 40—60-х годах во многих странах мира для борьбы с вредными насекомыми, — очень стойкое токсичное соединение, нерастворимое в воде. Накапливаясь в окружающей среде, ДДТ нарушает биологическое равновесие в природе. Он усваивается растениями и по путям питания проникает в организм человека и животных, вызывая хроническое отравление. Ксенобиотик ДДТ относится к хлорированным углеводородам $(C_{12}H_{10}Cl_2)_2 \cdot CHCl_3$. Он хорошо растворяется в жирах и поэтому накапливается в жировых тканях животных и человека. Здесь ДДТ попадает в депо и может сохраняться очень долго. Он до сих пор обнаруживается в теле человека и животных, хотя его применение в большинстве стран мира было запрещено примерно 20 лет назад. В Советском Союзе ДДТ запрещен в 1970 году.

7.4. ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Масштабы химической деятельности человечества огромны. По данным ООН, ежегодно в мире вводится в употребление примерно 200 тысяч новых веществ, в основном синтетических, в СССР — 40 тысяч [47]. Это лекарственные препараты, средства защиты растений, различные технологические смазки, поверхностно-активные вещества, красители и т. д. Каждое новое химическое соединение имеет паспорт, в котором содержится описание основных физических, физико-химических и химических свойств. В то же время потенциальное влияние на живые существа и человека здесь, как правило, не охарактеризовано. Поэтому никто не может гарантировать, что новый препарат не будет впоследствии занесен в список канцерогенов, мутагенов или тератогенов, как это случилось с диоксином или ДДТ.

Неполная информация о химических изменениях в биосфере, с одной стороны, и о биологической активности химических соединений, с другой, приводит к тому, что человечество не умеет пока прогнозировать отдаленные последствия изменений химического состава ни в планетарных масштабах, ни на уровне региональных экологических систем. Уже сейчас химическая активность человечества привела к целой системе неконтролируемых экологически опасных процессов.

Каковы пути снижения загрязнения окружающей среды химическими веществами? Исключить химизацию человеческой деятельности не разумно и не реально. Поэтому необходимо:

использовать на практике только те химические процессы, которые дают минимальное количество токсичных отходов. Это особенно важно применительно к многотоннажным химическим производствам;

исключить из употребления и не вводить вновь те химические вещества, влияние которых на природу не ясно;

постоянно контролировать реакцию биосферы на химические воздействия и оперативно регулировать химическую нагрузку на окружающую среду;

принять на вооружение хорошо известную истину о том, что не существует биологически инертных веществ, которые, попав в живой организм, не оказывали бы на него никакого воздействия. Даже инертные газы (гелий, аргон и др.) для человека являются ксенобиотиками. Они в соответствующих дозах вызывают сильное наркотические действие.

8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЯДЕРНОЙ ВОЙНЫ

Из всех видов воздействия человека на окружающую среду войны всегда были самым разрушительным фактором. История свидетельствует, что с 1496 года до н. э. по 1861 год люди воевали 3130 лет и только 227 лет жили в мире [59]. В период с 1900 по 1979 гг. произошло 154 войны, из которых первая и вторая мировые войны были самыми разрушительными. Вот некоторые цифры. Площадь непосредственных военных действий во вторую мировую войну составила 3,3 млн км² (в первую — 200 тысяч км²); погибло — 55 млн человек (в первую — 10

млн); взрывами поднято в воздух 350 млн м³ грунта; потоплено в море (без СССР) 4720 транспортных судов и 1162 подводных лодки; из затопленных танкеров разлилось в море 5,5 млн тонн нефти. В Советском Союзе во время Великой Отечественной войны вырублено или повреждено 20 млн гектаров леса, уничтожено 505 тыс. гектаров садов, 153 тыс. гектаров виноградников. Невозможно не только учесть, но и представить весь ущерб, нанесенный войнами биосфере.

Разрушительные возможности человека неизмеримо возросли с появлением атомного оружия (1945 год). При взрыве атомной бомбы над г. Хиросимой (тротильный эквивалент — 20 тыс. тонн) погибло 240 тыс. человек, пострадало 163 тыс., разрушено 60 тыс. домов. Возник огненный шторм, длившийся 6 часов; поднялся сильный ветер, который дул со скоростью 50...60 км/ч со всех сторон в направлении горящего города. В эпицентре железо испарилось, поверхностный слой грунта оплавился на значительную глубину [66].

В 50-х годах появились водородные бомбы, тротильный эквивалент их возрос до 10...20 мегатонн. В ядерных арсеналах мира сейчас сосредоточено 50 тыс. единиц ядерного оружия общей мощностью ~ 13 тыс. мегатонн [17]. На каждого жителя Земли приходится ~ 2,6 тонны ядерной взрывчатки.

С появлением ядерного оружия были сделаны оценки влияния на окружающую среду его основных поражающих факторов: ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения, выполненные специалистами различного профиля. Лишь в начале 80-х годов климатологи впервые оценили влияние побочных явлений ядерного взрыва (пожаров) на климат планеты. П. Крутцен (ФРГ) и Дж. Беркс (США) в 1982 году опубликовали статью «Атмосфера после ядерной войны: сумерки в полдень», положившую начало климатическим исследованиям ядерной войны. В это же время К. Саган (США) и климатическая группа Вычислительного центра АН СССР под руководством академика Н. Н. Моисеева независимо провели расчеты изменений климата Земли за счет ядерных пожаров. Таким образом, научная, а затем и широкая общественность обрела новые понятия: «ядерная зима» и «ядерная ночь» [29, 35].

При ядерной войне в городах, местах добычи и хранения топлива, в лесах возникнет большое число пожаров. Облака дыма и пыли поднимутся в атмосферу. Частицы дыма, состоящие из различных смол, сажи и золы, имеют диаметр менее 1 мм (максимум в распределении частиц по размерам приходится на 0,1 мкм), что сравнимо с длиной волны видимого света (~ 0,5

мкм). Поэтому, а также из-за черноты частиц, они сильно поглощают видимый свет. В результате облака пыли и дыма, поднятые ядерным взрывом и пожарами в верхние слои атмосферы, будут нагреваться, а доля солнечной энергии, достигающая поверхности Земли, упадет. При таких условиях парниковый эффект, согревающий атмосферу изнутри, исчезнет. Только за счет этого средняя температура Земли (+ 14 °С) снизится на 32 °С. Поверхность планеты окутает сплошное пылесажевых облаков, нагретых до температуры более 100 °С. Вместо 50% солнечной радиации, которая достигает поверхности Земли в обычных условиях, после использования лишь 1% имеющейся ядерной взрывчатки, пылесажевые облака пропустят к поверхности планеты всего ~ 0,1% солнечного тепла. Распределение температуры в зависимости от высоты станет обратным тому, которое было при обычном состоянии атмосферы, т. е. будет иметь место температурная инверсия⁵⁶ (рис. 4). Потребуется менее месяца для глобальной перестройки атмосферы, которая приведет к катастрофическим последствиям. В дневное время будут сумерки. Средняя температура у поверхности Земли понизится на 30...40 °С. Наступит зима, прекратится фотосинтез, не будет дождей, высохнут реки. Температурная инверсия крайне затруднит вертикальное перемещение воздушных масс и, начиная с высоты 5 км, будет сохраняться положительная температура. Высокогорные ледники растают, потоки воды устремятся в долины и замерзнут. Океан из-за его колоссальной теплоемкости будет остывать медленнее суши. Даже через 10 месяцев температура поверхности океана понизится в среднем на 1,2 °С, а воздух над океаном тем временем остынет уже на несколько градусов. И этого будет доста-

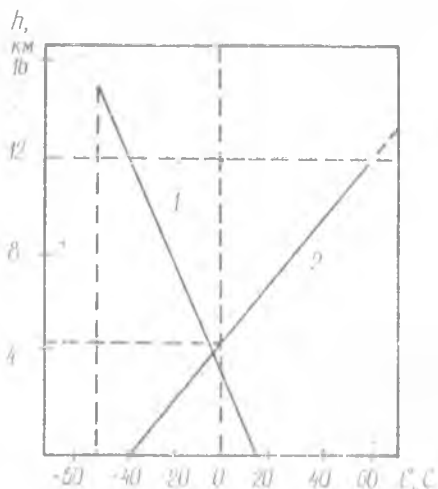


Рис. 4. Распределение температуры в зависимости от высоты (для средних широт): 1—при обычном состоянии атмосферы, 2—после ядерного конфликта

понижится в среднем на 1,2 °С, а воздух над океаном тем временем остынет уже на несколько градусов. И этого будет доста-

⁵⁶ Локальные температурные инверсии, случающиеся в настоящее время, создают условия для смога.

точно, чтобы над водой месяцами стоял непроницаемый туман. Вдоль побережья из-за большой температурной разницы между заледеневшей сушей и еще теплым океаном поднимутся ураганы, которые завалят снегом широкую прибрежную полосу Европы, Америки, Африки.

По мнению К. Сагана, при ядерном конфликте с применением 10 тыс. мегатонн ядерной взрывчатки сразу же погибнут 1 млрд 100 млн людей и столько же получат увечья. Оставшихся в живых в условиях ядерной зимы и радиоактивного заражения ожидает неминуемая смерть. Биосфера уже никогда не вернется к существующему ныне состоянию. При ядерных взрывах, как известно, образуется большое количество окислов азота, которые активно реагируют с озоном атмосферы. В результате ядерного конфликта атмосфера Земли лишится озонового слоя. Поэтому тогда, когда рассеются пылесажевые облака и атмосфера просветлеет, ультрафиолетовое излучение Солнца довершит уничтожение живых организмов, которым удалось уцелеть после ядерной зимы.

Какова достоверность прогнозов ядерной войны? После публикации работ К. Сагана о климатических последствиях ядерной войны на Западе появились попытки поставить под сомнение достоверность его расчетов. Критики нашли неопределенности и слабые места оценок К. Сагана, но опровергнуть в целом его выводы не удалось. Сопоставление прогнозов изменений климата американских ученых (группа К. Сагана вначале рассчитала климатические параметры на двадцатые сутки после начала ядерной войны) с результатами, полученными в Вычислительном центре АН СССР (расчеты сделаны на период до одного года), дали близкое совпадение. Публикации результатов исследований климатических последствий ядерной войны в 1982—1985 годах убедили мир в бессмысленности ее развязывания.

В последнее время в Вашингтоне рассматриваются стратегические планы, включающие нанесение ядерных ударов по территории СССР. 13 октября 1989 года появилось сообщение американской прессы о разработке стратегическим авиационным командованием ВВС США нового плана ядерной войны под кодовым наименованием «Сиоп-7»⁵⁷. Судя по июльской публикации газеты «Лос-Анжелес таймс», целью этого плана считается обоснование методов «обезглавливания» военного и политического руководства Советского Союза, а также уничтожения его стратегических наступательных вооружений путем массированного применения новейшего высокоточного ядерного оружия. В США

⁵⁷ См.: Суриков Б. Сверкающие камешки // Правда. 1989. 13 окт.

в настоящее время создается новое поколение стратегических наступательных систем наземного, морского и воздушного базирования, способных поражать хорошо защищенные подземные объекты специальными ядерными боеголовками. В качестве носителей новых ядерных зарядов планируется использование поступивших на вооружение с 1984 года крылатых ракет «Томагавк» (дальность полета — 2600 км, точность попадания — 30 м, мощность ядерных зарядов — 200 килотонн). Операция «Буря в пустыне» против Ирака в 1991 году показала возможности военной машины США без использования ядерного оружия. Подземные ядерные взрывы в штате Невада продолжают до настоящего времени.

9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

В ближнем космосе, освоение которого началось в 1961 году полетом Ю. -А. Гагарина, на наших глазах возникла еще одна экологическая проблема. Правительства и ученые многих стран обеспокоены катастрофическим увеличением разного рода «космического мусора», появившегося на околоземных орбитах. По оценкам Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА), с момента запуска первого спутника в 1957 году более 3 тысяч других спутников было выведено во Вселенную. Из них приблизительно 1600 находятся по-прежнему на орбитах [13]. При каждом запуске искусственного спутника Земли в космос остается около 30 различных обломков. Сегодня рядом с функционирующими или отработавшими спутниками вокруг Земли вращаются двигатели ракет-носителей, отстреливающиеся защитные приспособления, а также тысячи обломков, образовавшихся при запланированных или случайных взрывах ракет или спутников. Новые искусственные спутники Земли, последние ступени ракет-носителей, сброшенные колпаки от космических аппаратов и др. выводятся в космос быстрее, чем сгорают старые. В СССР ежегодно запускается около 100 спутников, в США—15—20.⁵⁸ По

⁵⁸ Ср.: Кто впереди в космосе? // За рубежом. 1988. № 36. С. 20.

данным «Норад»⁵⁹, с 1957 года в космосе «побывало» 18 тыс. различных объектов земного происхождения общей массой 2 тыс. тонн. В настоящее время на околоземных орбитах в диапазоне высот от 150 до 2000 км вращается около 17 тыс. крупных, средних и мелких объектов. Мелкими считаются предметы величинной, например, с гаечный ключ или отвертку. Кроме этих, там же находятся миллионы еще более мелких предметов. Кроме «технического», в космосе появляется и бытовой мусор, отработанная вода и др.⁶⁰ Масштабы космической деятельности человека быстро увеличиваются, растет засорение космоса мусором.

Засорение космического пространства существенно возрастает при реализации провозглашенной в 1983 году в Вашингтоне «стратегической оборонной инициативы» (СОИ)⁶¹. В рамках СОИ предполагалось развертывание космического эшелона противоракетной обороны (ПРО), основанного на применении рентгеновских лазеров с ядерной накачкой. Но через некоторое время оказалось, что рожденный ядерным взрывом рентгеновский лучниковым образом не сможет попасть в стартовавшую межконтинентальную баллистическую ракету. Постепенно интерес к этому и другим нетрадиционным системам ПРО орбитального базирования у Пентагона пропал. Однако военно-промышленный комплекс США тут же предложил в рамках программы СОИ новую систему космического базирования на основе традиционных средств поражения. США в ближайшие годы планируют вывести в космос 2200 орбитальных боевых станций — «гаражей», на которых разместить 11 тыс. ракет. Речь идет о легких противоракетах, оснащенных тепловыми головками самонаведения. В связи с окончанием «холодной войны» можно надеяться на пересмотр этих программ.

В отличие от земного, космический мусор представляет огромную опасность для космических аппаратов. Предмет величиной с горошину, надвигающийся со скоростью 28 тыс. км/ч, способен погубить спутник стоимостью 200 млн долларов. Космический мусор представляет опасность не только для космических аппаратов. Известно, что не все предметы, входя в плотные слои атмосферы, полностью сгорают. Падение несгоревших предметов из космоса может произойти в любой части мира.

Наличие космического мусора таит в себе еще одну смер-

⁵⁹ «Норад» — военная организация, которая следит за появлением в космосе «чужих» ракет.

⁶⁰ См. об этом: Никитин С. А. 28-й полет по программе «Спейс шаттл» / Природа. 1989. № 8. С. 110; Тарасов А. Антенна из электронов // Правда. 1989. 19 февр.

⁶¹ Карасев Н. Логика развязок // Правда. 1988. 19 апр.

тельную опасность, которая состоит в том, что радиолокационные станции должны распознать объект: «свой» он или «противник»? За появлением в космическом пространстве «чужих» ракет круглосуточно следят 26 радиолокационных станций и 6 сверхмощных телескопов системы «Норад». Информация обрабатывается с помощью мощных компьютеров. Ежедневно эта система засекает 45 тысяч прохождений космических объектов по орбитам. Ошибка здесь может привести к несанкционированному ядерному конфликту.

И наконец, космический мусор существенно осложняет работу астрономам [32]. Орбитальный хлам уже стал причиной ложных открытий в астрономии.

Настало время срочно разработать и реализовать способы очистки космического пространства. В первую очередь это касается двух основных зон концентрации спутников — первая на высотах до 800...900 км над Землей, вторая, геоцентрическая орбита, — на высоте около 36 тыс. км над экватором. На геоцентрической орбите находятся все спутники связи и некоторые метеорологические спутники. Если в ближайшее время не принять соответствующих мер, то исправить положение будет не только трудно, но и очень дорого. Заинтересованные государства уже сейчас должны произвести необходимые затраты для того, чтобы, например, все отработавшие ступени ракет «свести» с орбиты и полностью уничтожить, а выработавшие свой ресурс спутники перевести до лучших времен на безопасную орбиту, где бы они никому не мешали. В более долгосрочном плане можно было бы разработать космические корабли, которые станут подбирать отработавшие спутники, доставлять их на орбитальные станции, где им дадут новую жизнь или в случае необходимости разрушат.

10. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ

Региональные экологические катастрофы в настоящее время — весьма распространенное явление. Их масштабы и стадии развития различны. Рассмотрим два типичных примера.

10.1. ПУСТЫНЯ САХАРА

Пустыня Сахара занимает более 4 млн км², что составляет около четверти Африки. Условия для жизни в Сахаре, кроме оазисов, не пригодны для проживания человека. В безоб-

лачный день, а таких в пустыне 300, столбик термометра поднимается выше 60 °С, зимой он опускается в тех же местах до минус 6... 10 °С. 140 млн тонн песчаной пыли, поднимаемые сахарскими бурями, ежегодно оседают в океане и почти 50 млн тонн пересекают Атлантический океан и достигают Америки. С автомобиля, застигнутого пыльной бурей на Транссахарской магистрали, краска сдирается, как наждаком. Такая экстремальная климатическая обстановка в Сахаре создана людьми, населявшими в прошлые времена эту территорию. С помощью спутниковой археологии⁶² [25] доказано, что Сахара когда-то была населенным краем. Многочисленные заброшенные селения, русла рек и каналов, занесенные песком, были обнаружены на территории Сахары в последнее время. Аборигены, населявшие эти когда-то благодатные места, создали недопустимо большую нагрузку на природные ландшафты, и региональная экологическая система края потеряла устойчивость. Парадоксально, но люди, обитающие по границам Сахары в настоящее время, «помогают» пустыне опустошать все новые и новые пространства. Сахару от саванн отделяет сахель — полоса полупустынной местности шириной до 400 км. Сахель населен кочевниками — скотоводами, которые содержат чрезмерно большие стада коз и овец. Козы и овцы вытаптывают и без того чахлую растительность, объедают кустарники, чтобы достать корм, забираются на деревца. Для аборигенов сахеля величина стада — символ власти и престижа. Пустыня между тем продолжает наступать. С 1972 по 1978 годы граница Сахары продвинулась на 550 км [70].

10.2. ЗАЛИВ КАРАБОГАЗ

Залив Карабогаз (длина — 160, ширина — 140 км, глубина — 2... 3 м) отделен от Каспийского моря узким (200... 1000 м) проливом. Уровень воды в заливе на 4,5 м ниже уровня Каспийского моря. Вода Каспия веками втекала в залив и под знойными лучами южного солнца испарялась. Минеральные соли почти всей таблицы Менделеева скопились в виде рассолов и твердых оглождений. Шесть кубокилометров воды ежегодно подавал Каспий в залив, пополняя его минеральные богатства. В марте 1980 года залив был перекрыт глухой плотиной. За три года Карабогаз полностью высох, превратившись в мертвую

⁶² Электромагнитные волны дают возможность со спутников «просматривать» слои земли на глубину до 6 м, т. е. производить археологические исследования без раскопок.

белую пустыню. Облака соленой пыли, разносимые ветром, привели к засолению окрестные земли, погибли прибрежные камыши—среда обитания птиц, изменился климат. Миллионные убытки понесло Объединение «Карабогазсульфат» — главный поставщик сульфата натрия и многих других веществ. Перекрытие залива аргументировалось необходимостью поддерживать уровень Каспия. Однако это мероприятие не решало проблему. Расчеты показали, что сэкономленная таким образом вода могла поднимать уровень моря всего на 1,2 см в год. В сентябре 1984 года после длительных межведомственных баталий были проложены трубы, по которым вода Каспия снова начала поступать в Карабогаз. Сейчас не ясно, когда восстановится былое экологическое равновесие региона и восстановится ли?

Ситуация на Каспии в последнее время складывалась следующим образом. С 1927 года уровень Каспийского моря стал снижаться. За 50 лет вплоть до 1987 года уровень моря понизился на 3 метра. Его площадь уменьшилась на 55 тысяч квадратных километров. Береговая линия в наиболее пологих местах отступила на десятки километров. На высохшей территории появились возделываемые поля, здания и сооружения. В 1977 году (почти за три года до перекрытия Карабогаза) неожиданно начался подъем уровня воды в Каспийском море и к настоящему времени он составил 1,5 метра. Началось подтопление территории городов и населенных пунктов, портовых сооружений.

Ученым давно были известны вековые изменения уровня Каспийского моря. Их связывали с изменением климатических факторов, определяющих сток рек в море, осадков и испарения с поверхности моря, а также с хозяйственной деятельностью человека. Однако все это не объясняло природу феномена. Академик Н. Шило в 1989 году обосновал новую гипотезу, объясняющую это явление [72]. Согласно его представлениям, колебания уровня Каспийского моря обусловлены тектоническими процессами. Ложе Каспия состоит из рыхлых осадочных пород. Они, как губка, пропитаны влагой обширного подземного бассейна, пополняемого обильными водами, стекающими с Кавказского хребта, и подземными стоками, идущими с Русской равнины. Время от времени неотектонические движения то сжимают, то растягивают подстилающие Каспий осадочные толщи. При этом содержащиеся в них воды то выдавливаются в море, то снова отбираются из него. Таким образом, на фазу сжатия приходится повышение уровня, а на фазу растяжения — его падение.

11. ОХРАНА ПРИРОДЫ В СССР

В январе 1988 года было опубликовано постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О коренной перестройке дела охраны природы в стране» [40].

В первые годы Советской власти правительство республики, озабоченное положением дел с охраной природы, в условиях разрухи находило возможность для выделения средств на природоохранные мероприятия, а с 1 мая 1923 года был учрежден Всероссийский Комитет по охране природы. В официальных документах того времени речь шла не только о создании заповедных территорий. Проблемы рассматривались глубже: о возможных изменениях климата в связи с вырубкой лесов, о сохранении редких животных для их последующего изучения (на современном языке — для сохранения генофонда) и т. д. С конца 30-х и до начала 60-х годов идеи охраны природы были вытеснены потребительским лозунгом: «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача». В те времена было закрыто большое число заповедников, а экология почти превратилась в «буржуазную лженауку», как до того генетика и кибернетика [52]. И хотя гонения на экологию были не очень значительны, к взрыву мировой экологической мысли в 60-е гг. наша страна пришла научно обескровленной. Мы и сейчас в экологии отстаем от наиболее развитых стран на 10—15 лет. Именно в 60-е годы было осознано, что человечество как глобальная сила начало разрушать всю общепланетарную систему жизнеобеспечения, что не просто природа, а уже измененная человеком природа воздействует на людей и их хозяйство, что ресурсы природы близки к исчерпанию. Эти факторы в своей совокупности стали настолько значимы, что рассматриваются в одном ряду с угрозой тотальной ядерной гибели. Наступил и был осознан экологический кризис. Он охватил весь мир, но мы в то время находились в состоянии «экологического отупения» и не сразу это заметили.

В период застоя затратный механизм, доминировавший в нашей экономике, неуклонно побуждал к уничтожению ее природного фундамента. Примитивно понимаемая экономическая целесообразность довлела над любыми экологическими соображениями. В этих условиях лозунги об охране природы оставались громкими фразами. Вплоть до 1977 г. природные ресурсы по

Конституции СССР были общенародным достоянием, т. е. юридически не были государственной собственностью. Природные блага потеряли всякую ценность и общественный иммунитет. Ведомствам, конечно же, было удобно хозяйствовать в условиях бесконтрольности и в роли владельцев эксплуатируемых природных ресурсов. В период застоя не было создано экономического механизма, сохранения природы и ее благ. Административные методы не давали эффекта. Так, из 196 заданий по охране окружающей среды, предусмотренных постановлением партии и правительства, выполнено только 47⁶³. Экономический ущерб от нерационального природопользования в нашей стране оценивается в размере не менее четверти ее государственного бюджета [52].

Постановлением ЦК КПСС признано необходимым образовать Государственный Комитет СССР по охране природы (Госкомприрода СССР), который станет надведомственным центральным органом государственного управления в области охраны природы и использования природных ресурсов. Заложены основы экономического механизма, призванного обеспечить заинтересованность предприятий в экономии сырья, материалов и проведении природоохранительных мероприятий. Будут введены нормативы платы за природные ресурсы и за выбросы загрязняющих веществ. За превышение допустимых выбросов (сбросов) будет взиматься повышенная плата, источником которой станет хозрасчетный доход коллектива. Признано целесообразным создать в Москве в системе Госкомприрода СССР Всесоюзный научно-исследовательский и информационный центр по проблемам охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Определены и другие необходимые мероприятия [40].

Это постановление пока выполняется медленно и с большими трудностями. В Госкомприроде СССР создана Главная государственная экологическая экспертиза, которая за первый год осуществила около 60 вневедомственных экспертиз⁶⁴. Так, она приняла решение о нецелесообразности подъема уровней водохранилищ Нижнекамской и Чебоксарской ГЭС выше существующего, который принят в качестве постоянного. Отклонила проекты строительства Березовского химического завода в Одесской области, Железногорского химико-фармацевтического завода в Курской области и др.

На Госкомприроду, а также на Советы Министров союзных республик возложена вся полнота ответственности за охрану

⁶³ Формула здоровья /Беседы с акад. Е. Чазовым // Правда. 1987. 13 апр.

⁶⁴ Данные из газеты «Аргументы и факты» (1989. № 41. С. 8).

природы, организацию рационального природопользования и воспроизводство природных ресурсов в стране. В 1989 году правительство приняло постановление о прекращении производства кормового беляка-паприна в СССР. Паприн (белково-витаминный концентрат (БВК), кормовые дрожжи) — продукт микробиологической промышленности. Продовольственной программой СССР на период до 2000 года предусмотрено наращивание мощностей производства БВК из различных сырьевых источников, в том числе парафинов [6]. В стране действует 8 заводов по производству паприна, которые производят более миллиона тонн БВК. Предполагалось построить еще 8. Паприн, как и любые белки, — биологически активное вещество. БВК стал главной причиной экологического неблагополучия ряда городов, где были построены заводы по его производству: Кириши (Ленинградская область), Светлый яр (Волгоградская область), Томск, Кременчуг, Новополоцк, Ангарск. В развитых странах сейчас отказываются от БВК, так как оказалось, что паприн, кроме аллергического, оказывает мутагенное воздействие.

Перестройка дела охраны природы — процесс сложный. Хорошо известно, что строительство очистных сооружений, которые должны защищать природу от выбросов предприятий, не экономичны, громоздки и сами по себе очень часто вносят нежелательные изменения в окружающую среду. Гораздо проще и выгоднее не производить или почти не производить отходы, чем их обезвреживать. Перестройка дела охраны природы, таким образом, связана с перестройкой промышленности — введением на предприятиях новых экологически чистых технологий.

Перестройка охраны природы предполагает пересмотр многих концепций развития народного хозяйства. Так, например, в стране в течение более 30 лет осуществляется строительство производственных зданий из сборного железобетона [63]. Расчеты, положенные в основу «железобетонной» политики в строительстве, учитывают расход металла только в самих элементах — колоннах, фермах, плитах покрытий, а внеконструкционные затраты металла (металлоемкое оборудование цементных и щебеночных заводов, выпускающих сборный железобетон, металл средств доставки железобетона) не учитываются. Если учесть эти расходы, то экономии металла нет. Следовательно, того количества металла, которое сегодня расходуется на изготовление сборных железобетонных конструкций, было бы достаточно, чтобы соорудить эти здания только из металла, не употребляя бетон. Использование сборного железобетона вместо металлических конструкций привело к тому, что ежегодно попусту страна расходует 40 ... 45 млн тонн цемента, 90 ... 100 млн кубомет-

ров щебня, 50 млн кубометров песка, 50 млн тонн угля, затрачивает труд свыше 5 млн человек в разных отраслях народного хозяйства, не говоря уже о том, что растут продолжительность и стоимость строительства. По самым скромным расчетам, общий ущерб, причиненный бросовыми затратами и работами за истекшие 30 лет в связи с использованием сборного железобетона в капитальном строительстве, достиг не менее 700 млрд р. Во столько же обошлись стране военные расходы 1941—1945 гг. Можно ли измерить ущерб, нанесенный при этом природе? Израненные Жигули, выбросы цементной пыли заводов, опасный и вредный труд целого поколения рабочих. Только XXVII съезд КПСС отверг эту концепцию. Однако маховик производства сборного железобетона сразу остановить невозможно. Мировая строительная практика давно использует металлоконструкции в строительстве. В США, например, на всю страну имеются лишь две фирмы, ведущие строительство из сборного железобетона.

Постановление «О коренной перестройке дела охраны природы» — это первый необходимый шаг к оздоровлению окружающей среды в стране. Коренные перемены здесь наступят только после кардинальных экономических реформ.

12. УЧЕНИЕ В. И. ВЕРНАДСКОГО О НООСФЕРЕ И НОВОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

12.1. ЧЕЛОВЕЧЕСТВО У РОКОВОЙ ЧЕРТЫ

Быстро прогрессирующее разрушение слоя озона, кислотные дожди, участвовавшие климатические аномалии, нарастающий поток ядовитых ксенобиотиков антропогенного происхождения, извлечение из недр Земли на поверхность радиоактивных веществ и прогрессирующее засорение биосферы новыми радионуклидами, горы ядерного, химического и обычного оружия — человечество подошло к роковой черте, за которой пропасть: самоуничтожение человеческого рода. В 1981 году было признано, что мировая промышленность выпускает 33 тыс. мутагенных веществ. К настоящему времени их выпуск увеличился. Медики полагают, что пятая часть из примерно 10 тыс. болезней человека порождена загрязнением среды, ядохимика-

тами и многими другими веществами, а также излучениями, повреждающими гены [34].

Сегодня практически каждый человек видит и чувствует быстрое, все ускоряющееся ухудшение окружающей среды по вине цивилизации (загрязнение воздуха, ухудшение качества воды, продуктов питания, участвовавшие аллергические заболевания и т. д.).

Первые паровозы сильно дымили. Люди создавали общества по борьбе с монстрами железнодорожного транспорта. А паровозы между тем честно отслужили человечеству. Сейчас общественность протестует против строительства атомных электростанций. Атомные электростанции продолжают строиться. Технический прогресс остановить невозможно. Неизвестно, какие экологические сюрпризы принесет нам освоение высокотемпературной сверхпроводимости [15] или картирование генома человека [20]? Налицо парадокс — развитие цивилизации обрекает человечество на самоуничтожение. Однако учение В. И. Вернадского о ноосфере⁶⁵ позволяет понять, что парадокса здесь нет.

12.2. УЧЕНИЕ В. И. ВЕРНАДСКОГО О НООСФЕРЕ

В. И. Вернадский (1863—1945) первым понял основные тенденции развития биосферы. Около четырех миллиардов лет тому назад мертвая верхняя оболочка планеты пережила крупнейшую перестройку: в ее составе появилось живое вещество, она перешла в новое состояние—биосферу. Возник не локальный очаг жизни, появление жизни было единым общепланетарным процессом. С появлением жизни резко изменились условия на Земле: новая жизнь уже не образовывалась, и на Земле утвердились совершенно иные принципы преобразования вещества: «Все живое только от живого». Изучая роль живого вещества в эволюции планеты, В. И. Вернадский понял, что весь лик Земли, ее ландшафты, толща осадочных пород обязаны жизнедеятельности. На протяжении всей истории эволюция живого вещества и всей биосферы шла по общим законам естественной самоорганизации материи. В последнее тысячелетие в этом «стихийном» процессе принял участие человек. На первых порах развития человеческого рода с изменением природных условий человек привыкал к этим изменениям. Он практически не вносил дискомфорта в естественно протекающие процессы. Вещество, выводимое из естественного, «стихийного» физико-химического круго-

⁶⁵ Ноо — разум, ноосфера — среда разума.

ворота («отбросы» или «мусор»), как и прежде, выполняло роль субстрата жизни.

Еще в начале нашего столетия В. И. Вернадский утверждал, что человек постепенно становится основным геологическим фактором преобразования верхней оболочки Земли. Ныне интенсивность воздействия человека на природу резко возросла. В. А. Ковда еще в 70-х годах подсчитал, что человечество как мусоропроизводитель веществ органического происхождения превосходит всю остальную природу в 2000 раз [34]. Таким образом, человек стал основной геологообразующей силой. На этом этапе, как и предвидел В. И. Вернадский, он должен принять ответственность за дальнейшую судьбу биосферы. Развитие биосферы должно направляться Разумом. Заслуга В. И. Вернадского в том, что он увидел неминуемый переход биосферы в качественно новое состояние, называемое ноосферой.

В. И. Вернадский считал ноосферу естественным и неизбежным этапом развития биосферы. Ученый-естественник, один из последних энциклопедистов, он яснее, чем кто-либо, понимал, что означает для человека растущее противоречие между природой и обществом. Человек нуждается в богатствах природы, живет ими, зависит от них. И чем дальше развивается его техническое могущество, тем эта взаимосвязь становится все более жесткой. Кроманьонцы смогли пережить ледниковый период. Их нетребовательность помогла приспособиться к тяготам тех времен. Теперь же человек во все большей степени нуждается в стабильности окружающей среды.

12.3 КОЭВОЛЮЦИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ⁶⁶

На памяти ныне живущего поколения человек то и дело занимался «покорением» природы. Люди и впредь будут приспосабливать природу для своих нужд—это необходимость. Однако избежать гибели цивилизации можно лишь путем коэволюции—взаимного приспособления человека и природы. Чтобы, совершенствуя окружающую среду, постоянно согласовывать свои потребности с ее возможностями, человеку придется совершенствовать общественную организацию. Значит, путь к ноосфере—не только в целенаправленном развитии природы, но и в совершенствовании общества. Нужно перестраивать самих себя, нужно создавать такие структуры общества, которые бы способствовали сохранению природы. Парадокс развития цивилизации

⁶⁶ Императив — повелительный, властный, обязывающий.

может быть устранен только на основе гармонического совместного развития природы и общества. Козволюция — необходимое условие развития человечества, его перехода в эпоху ноосферы.

Но само по себе понятие козволюции достаточно абстрактно. Оно несет в себе скорее философское, эмоциональное, нежели научное содержание. Принцип козволюции еще не дает руководства к действию. Понятие экологического императива, экологического запрета устраняет этот недостаток.

Проблема планомерного развития биосферы чрезвычайно сложна. Множественность целей и возможностей выполнения программы (стратегии) развития биосферы, субъективное восприятие людей, живущих в различных социальных и природных условиях, делают проблему, казалось бы, неразрешимой. И тем не менее, сегодня необходимо принимать решения, ибо завтра может быть уже поздно и человечество окажется в условиях неконтролируемого и непредсказуемого течения процессов биосферы. В подобных ситуациях, как следует из теории принятия решений, не следует сразу искать «лучшее» решение, разрабатывать «оптимальную» стратегию. Надо прежде всего понять, чего нельзя делать ни при каких обстоятельствах. Это уже неизмеримо более простая задача [35]. Задачи, которые ставит перед человеком жизнь, мало похожи на математические. В них, как правило, не бывает четко поставленной цели. Целей оказывается чересчур много, а определенности мало! Поэтому заведомо плохие действия, которые надо исключить, на которые надо наложить запрет, гораздо проще. Вот так и появляется представление об «экологическом императиве», или о «запретной черте». Переступать которую человечество не имеет права ни при каких обстоятельствах; ибо это приведет к гибели или деградации общества. Примером решения подобной задачи является работа ученых над климатическими последствиями ядерной войны (см. 8). Советские и американские ученые показали, что ядерную войну нельзя начинать ни при каких обстоятельствах. Ядерная война, если она случится, будет последней войной в истории человечества. В настоящих условиях любая война может привести к аналогичным результатам. История свидетельствует об ужасах пожаров, которые возникли в Гамбурге (1943 г.) и Дрездене (1945 г.) при бомбардировке их авиацией союзников. В городских водоемах кипела вода, обезумевшие люди металась среди развалин, а волны бомбардировщиков день и ночь продолжали сбрасывать смертоносный груз, днем не было видно Солнца. Современное не ядерное оружие в сотни, а может быть, в тысячи раз превосходит то, чем располагали армии во Второй мировой войне. Случись обычная, не ядерная война, облака дыма и пыли

могут вызвать эффекты «ядерной зимы» и «ядерной ночи». Нападение с помощью ядерного оружия на атомные электростанции, предприятия ядерной промышленности и ядерные арсеналы способно привести к глобальному радиоактивному заражению планеты. Под запрет ныне должны быть поставлены любые силовые приемы решения международных конфликтов, ибо они способны разрушить экологическую устойчивость человеческого общества. Это первая заповедь экологического императива и первая исходная позиция нового экологического мышления.

Экологический императив включает в себя и множество других условий. Например, загрязнение мирового океана совсем не так безобидно, как может показаться на первый взгляд. Хотя океан и занимает огромную часть земной поверхности, его возможности поглощения отходов не безграничны. Выше отмечалось (см. 5.1), что океан не может быть бездонной «свалкой» двуокиси углерода. Исчерпание возможностей утилизации углекислоты океаном может дать скачок парникового эффекта с непредсказуемыми последствиями для биосферы.

Раньше, если люди изменяли природные условия так, что жизнь становилась невыносимой, они уходили на новые места. Если же изменения происходили медленно, то человек привыкал к новым условиям, учился жить по-новому. Теперь уходить некуда. Значит, любая перестройка природной среды должна быть настолько медленной, постепенной, чтобы цивилизация могла к ней приспособиться. Другими словами, понятие экологического императива должно охватывать не только изменения окружающей среды, но и их скорость, даже в том случае, когда эти изменения идут в допустимых пределах.

Таким образом, экологический императив — это совокупность условий для обеспечения коэволюции человека и биосферы, сумма недопустимых нарушений равновесия природы, которые могут повлечь за собой дальнейшее неконтролируемое изменение свойств биосферы, что сделает невозможной жизнь человека на Земле. Люди должны во имя будущего цивилизации знать допустимые пределы своей активности во всех ее многочисленных сферах. Вот почему изучение условий экологического императива должно превратиться в одно из основных, если не в основное направление естествознания. Мы не имеем права не думать о планете, о сбережении общих свойств биосферы, которые дают жизнь всему человечеству и любому из нас. В то же время каждый человек, каждый народ, каждая группа людей, живущих на той или иной территории, вправе рассчитывать на то, что и впредь их отчизна останется их домом и домом их детей. Значит, не только биосфера в целом, но и любой обитаемый участок

Земли должен сохранить свойства, позволяющие людям жить, совершенствовать условия жизни и развивать цивилизацию. И прежде всего сохранить людей здоровыми!

12.4. ЭКОЛОГИЯ И ПРАВСТВЕННОСТЬ

Знание границы «запретной черты», за которой неминуемо необратимое разрушение биосферы, еще не означает, что люди начнут соблюдать условия экологического императива. И даже если мировая наука сможет быстро узнать границы дозволенного, еще нет гарантий того, что люди научатся согласовывать свои действия и потребности с возможностями природы [34].

Экологический императив требует нового мышления, другого отношения к природе и друг другу, иных стереотипов поведения людей. Одним словом, экологический императив требует новой нравственности, новой морали, то есть влечет за собой некий нравственный запрет. Первое и важнейшее требование экологического императива — недопущение войн. Значит, должны быть исключены силовые приемы решения противоречий и конфликтов. Вся политика, как международная, так и внутри государств, должна быть построена на идеалах компромиссов. Но всегда ли можно найти компромисс, выгодный всем участникам? Нет, конечно. Если интересы антагонистичны, если то, что одному хорошо, другому плохо, ни о каком компромиссе не может быть и речи. И тогда ситуация действительно безвыходная. Но в том-то и особенность нашего времени, что в спектре интересов людей, групп, государств появляется все больше и больше общих составляющих. Люди становятся все более зависимы друг от друга. Интересы стран и классов постепенно теряют антагонистичность. Все мы — «путешественники в одной лодке».

Не менее важно, чтобы новые принципы морали и нравственности усвоили, превратили в свое мировоззрение все жители планеты. Какие средства в распоряжении общества есть для того, чтобы люди действительно поняли, что человечество подошло к краю обрыва и только общие усилия, только действия всех членов экипажа нашего космического корабля могут уберечь от сползания в пропасть? Прежде всего людям должно быть известно, что их ждет! Но одних знаний недостаточно. Надо, чтобы принципы новой морали были впитаны с молоком матери, чтобы вся жизнь любого человека, начиная с юных лет, была пронизана идеей быть членом «экипажа космического корабля».

Воспитание человека превращается из национальной задачи в общепланетарную, ибо эпоха ноосферы не может наступать по частям, в отдельных странах. Экологическое образование во всех его видах, для всех возрастов должно сделаться неотъемлемой частью жизни. Все должно служить главной задаче — формированию личности, способной обеспечить коэволюцию человека и биосферы.

Для утверждения новой нравственности одной просветительской программы недостаточно. Необходима и новая организация общества, ориентированная на воплощение принципа коэволюции. Беспрецедентна задача, диктуемая требованием сохранения самого себя как биологического вида. И это важнейшая проблема, без решения которой переход в эпоху ноосферы невозможен.

Библиографический список

1. Авакян А. Б. Достоинства и недостатки водохранилищ // Природа. 1987. № 11, С. 38—46.
2. Акуличев В. А. Океан и энергетика // Природа. 1979. № 8. С. 29—37.
3. Алексеев А. С. Вымирание на рубеже мезо- и кайнозоя // Природа. 1986. № 1. С. 57—62.
4. Атомная энергетика в перекрестии мнений [Круглый стол ученых-атомщиков СССР] // Природа. 1989. № 10. С. 15—39; № 11. С. 57—82.
5. Бабаев Н. С., Кузьмин И. И., Легасов В. А., Сидоренко В. А. Проблемы безопасности на атомных электростанциях // Природа, 1980. № 6. С. 30—43.
6. Басевич В. В. БВК. Противостояние // Химия и жизнь. 1989. № 3. С. 4—10.
7. Басов Н. Г. Лазерный термоядерный синтез // Природа. 1983. № 1. С. 4—11.
8. Богородский В. В., Шереметьев А. Н. Подледниковые озера Антарктиды // Природа. 1981. № 2. С. 49—52.
9. Борок П. Почему в атмосфере возникают озоновые дыры? // За рубежом. 1987. № 20. С. 20—21.
10. Боронин В. Планктон в сетях амбиций // НТР: Проблемы и решения. 1988. № 3. С. 1—3.
11. Бреслер В. Организм защищается от загрязнений // Наука и жизнь. 1989. № 7. С. 23—25.
12. Булаткин Г. А. Рост кислотности атмосферных осадков // Природа. 1987. № 1. С. 88—89.
13. Ван Кустем Ж. «Космический хлам» — новая опасность // За рубежом. 1988. № 39. С. 14—15.
14. Водород сегодня [Интервью с В. Русановым журналиста А. Орловой] // Наука и жизнь. 1989. № 9. С. 11—15.
15. Гинсбург В. Л. Высокотемпературная сверхпроводимость стала реальностью // Наука и жизнь. 1987. № 9. С. 18—25.
16. Глазковская М. А. Способность окружающей среды к самоочищению // Природа. 1979. № 3. С. 71—79.

17. Голицын Г. С. Последствия ядерной войны для биосферы // Природа. 1985. № 6. С. 22—38.
18. Гора радиоактивных отходов // За рубежом. 1988. № 8. С. 14—15.
19. Депутаты принимают власть /Интервью с А. В. Яблоковым // Наука и жизнь. 1989. № 10. С. 2—7.
20. Джарофф Л. Охота за геном // За рубежом. 1989. № 27. С. 20—21.
21. Заварзин Г. А., Кларк У. Биосфера и климат глазами биологов // Природа. 1987. № 6. С. 65—77.
22. Илларионов А. Радиофобия и радиометрия // Известия. 1990. 9 янв.
23. Кадомцев Б. Б. Физика токамаков // Природа. 1979. № 2. С. 21—27.
24. Казачковский О. Д. Реакторы на быстрых нейтронах в атомной энергетике // Природа. 1980. № 2. С. 16—25.
25. Карваль Б., Горовиц Ж. Геологи обретают «космические глаза» // За рубежом. 1986. № 41. С. 20—21.
26. Капица П. Л. Энергия и физика // Вестник АН СССР. 1976. № 1. С. 34—43.
27. Каплин П. А., Никифоров Л. Г. Защита морских берегов от размыва // Природа. 1985. № 1. С. 69—79.
28. Красносельский С. Как залатать озоновые дыры? // Химия и жизнь. 1989. № 2. С. 90—91.
29. Красносельский С. Ядерная тьма // Химия и жизнь. 1988. № 1. С. 70—73.
30. Кривоухатский А. С. Проблема радиоактивных отходов // Природа. 1989. № 5. С. 50—60.
31. Мелекесцев И. В. Вулканизм как альтернатива космической катастрофы // Природа. 1986. № 1. С. 65—66.
32. Меньшиков С. Радиотелескопы глухнут // Химия и жизнь. 1989. № 2. С. 111.
33. Миллер Д., Пирс Ф. Предсказания парникового яра // За рубежом. 1989. № 50. С. 20—21.
34. Моисеев Н. Н. Как приблизиться к ноосфере // Химия и жизнь. 1989. № 6. С. 4—9; № 7. С. 28—33.
35. Моисеев Н. Н. Экологический императив // Химия и жизнь. 1987. № 2. С. 2—11.
36. Надежды на ветер [Заметки о советской науке и технике] // Наука и жизнь. 1989. № 2. С. 12—13.
37. Немировская И. А. Смоляные комки в море и на шельфе // Природа. 1982. № 11. С. 88—91.
38. Неручев С. Г. Глобальные геохимические аномалии и биосферные кризисы // Природа. 1988. № 1. С. 72—81.
39. Николаев Н. И. Искусственные землетрясения // Природа. 1973. № 7. С. 2—17.
40. О коренной перестройке дела охраны природы в стране: Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР // Правда. 1988. 17 янв.
41. Об охране окружающей среды: Сб. документов партии и правительства /Сост. А. М. Галеева, М. Л. Курок. 2-е изд., доп. М.: Политиздат. 1981: 384 с.
42. Озоносфера северного полушария // Природа. 1989. № 6. С. 106.
43. Оксенгендлер Г. И. Биологическая роль и токсичные свойства цианидов // Природа. 1985. № 12. С. 13—20.
44. Патон Б. Безопасность прогресса // НТР: Проблемы и решения. 1986. № 34. С. 4—5.
45. Пестов С. Тайна атомной бомбы // Аргументы* и факты. 1989. № 41. С. 6—7.

46. Петухов С. Риск // Химия и жизнь. 1989. № 4. С. 6—13.
47. Пирузян Л. А., Маленков А. Г., Варенбоум Г. М. Химические аспекты деятельности человечества и охрана природы // Природа. 1980. № 3. С. 2—12.
48. Планета Земля: народонаселение и экология // Природа. 1989. № 4. С. 113.
49. Покровский В. «Достижения» гальваники // НТР: Проблемы и решения. 1988. № 11. С. 4.
50. Постель-Вине О. Правы ли пророки «углекислого лета» // За рубежом. 1987. № 5. С. 20—21.
51. Разумовский С. Д., Зайков Г. Е. Атмосферный озон и земная резина // Химия и жизнь. 1987. № 5. С. 36—40.
52. Реймерс Н. Ф. На переломе // Природа. 1987. № 11. С. 101—104.
53. Реймерс Н. Ф., Яблоков А. Структура современной экологии // Наука и жизнь. 1987. № 8. С. 6—7.
54. Рик Гор. Экологические кризисы в истории Земли // За рубежом. 1989. № 38. С. 20; № 39. С. 20.
55. Рычков А. Л. Нитратная кухня // Химия и жизнь. 1989. № 7. С. 92—94.
56. Силкин Б. Кислые слезы облаков // Химия и жизнь. 1989. № 5. С. 70—73.
57. Силкин Б. Опасные металлы // НТР: Проблемы и решения. 1988. № 18. С. 7.
58. Сколько стоит... отравленный воздух? // НТР: Проблемы и решения. 1989. № 13. С. 6—7.
59. Смирнов Н. Н. Военное разрушение биосферы // Природа. 1981. № 9. С. 62—67.
60. Советский энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл. 1982. 1600 с.
61. Соколов В. Е., Пузаченко Ю. Г. Проблемы современной экологии // Природа. 1987. № 1. С. 4—19.
62. Стрелков В. С. Исследование горячей плазмы на Токамаке-10 // Природа. 1977. № 11. С. 72.
63. Голпыгин В., Егурнев А. Что нам стоит дом построить // Наука и жизнь. 1989. № 1. С. 2—7.
64. Тюрюканова Э. Б. Стронций-90 в атмосфере // Природа. 1981. № 1. С. 44—53.
65. Феоктистов Л. П. Нужна ли ядерная энергетика? // Природа. 1989. № 4. С. 9—14.
66. Феоктистов Л. П. Современное оружие приобретает характер абсолютного // Природа. 1983. № 9. С. 3—10.
67. Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1983. С. 758—760.
68. Фокин А. В., Коломиец А. Ф. Диоксин—проблема научная или специальная? // Природа. 1983. № 3. С. 3—15.
69. Химический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1983. 397 с.
70. Хири́н Н. Г., Бабаева Т. А. Остановить продвижение пустынь // Природа. 1986. № 2. С. 48—57.
71. Хоффман П. Солнце и вода — вместо угля и нефти // За рубежом. 1986. № 47. С. 20.
72. Шило Н. Отчего меняется уровень Каспия? // Наука и жизнь. 1989. № 10. С. 21.
73. Шицкова А. П., Новиков Ю. В. Гармония или трагедия. М.: Наука, 1989. 272 с.
74. Юльсман Т. Энергетика 2001 года // За рубежом. 1989. № 15. С. 20.
75. Если растают полярные льды [«Шпигель», Гамбург] // За рубежом. 1986. № 43.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	4
1.1. Биосфера	4
1.2. Окружающая среда. Предмет, задачи и методы охраны окружающей среды	4
1.3. Экология	6
2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ	7
3. РАЗРУШЕНИЕ СЛОЯ ОЗОНА	8
4. КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ	11
5. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ	14
5.1. Парниковый эффект	14
5.2. Экологическая оценка альтернативных источников энергии	19
5.2.1. Солнечная энергия	19
5.2.2. Энергия ветра	21
5.2.3. Океаническая энергия	21
5.2.4. Гидроэнергия рек	23
5.2.5. Энергия термоядерного синтеза	25
5.2.6. Энергия деления урана	26
5.3. Экологическая оценка энергоносителей	26
5.3.1. Уголь	27
5.3.2. Нефтепродукты	28
5.3.3. Водород	28
5.4. Потепление за счет рассеяния энергии	30
6. ЗАРАЖЕНИЕ ЗЕМЛИ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ	31
6.1. Влияние радиоактивности на биосферу	31
6.2. Заражение окружающей среды вследствие аварий на атомных электростанциях	32
6.3. Загрязнение окружающей среды ядерной промышленностью	35
6.4. Нужны ли атомные электростанции?	39
6.5. Экономия энергии	42
6.6. «Тепловый порог» Земли и народонаселение	43
6.7. Заражение биосферы радиоактивностью при производстве ядерного оружия	44
6.8. Неконтролируемое рассеяние радиоактивности	45
6.9. Последствия антропогенного заражения Земли радиоактивностью	46
7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА	47
7.1. Глобальное загрязнение окружающей среды микроэлементами	48
7.2. Влияние удобрений на биосферу	50
7.3. Влияние пестицидов на биосферу	51
7.3.1. Препараты, содержащие диоксин	51
7.3.2. ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан, дуст)	53
7.4. Отдаленные последствия загрязнения биосферы химическими веществами	53

8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЯДЕРНОЙ ВОЙНЫ	54
9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА	58
10. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ	60
10.1. Пустыня Сахара	60
10.2. Залив Карабогаз	61
11. ПЕРЕСТРОЙКА ДЕЛА ОХРАНЫ ПРИРОДЫ В СССР	63
12. УЧЕНИЕ В. И. ВЕРНАДСКОГО О НООСФЕРЕ И НОВОЕ ЭКО- ЛОГИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ	66
12.1. Человечество у роковой черты	66
12.2. Учение В. И. Вернадского о ноосфере	67
12.3. Коэволюция и экологический императив	68
12.4. Экология и нравственность	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	72

Мамонтов Евгений Алексеевич

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ**

Редактор **Н. Д. Чайникова**
Техн. редактор **Г. А. Усачева**
Корректор **Т. П. Жбанникова**

Св. тем. пл. № 1009.

Сдано в набор 20.09.91. Подписано в печать 14.11.91.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 4,41. Усл. кр.-отт. 4,65. Уч.-изд. л. 4,56.
Тираж 1000 экз. Заказ 642. Цена 75 к.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика **С. П. Королева**.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип. ЭОЗ Самарского авиационного института.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.