

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный педагогический
университет имени Максима Танка»

М.Г. Ясовеев, В.В. Пугач

ПОПУЛЯРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Научно-популярное издание

Минск 2011

УДК
ББК
Я

Печатается по решению Редакционно-издательского совета БГПУ
Рекомендовано секцией **естественных и сельскохозяйственных** наук
(протокол №)

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой общего землеведения и метеорологии БГУ *П.С. Лопух*;

доктор географических наук, профессор, кафедра физической географии БГПУ *В.Н. Киселев*

Под научной редакцией профессора *М.Г. Ясовеева*

Популярная экология: научно-популярное издание / Ясовеев М.Г., Пугач В.В.; под ред. проф. М.Г. Ясовеева. – Минск: БГПУ, 2011. – с.

ISBN

Популярное издание в увлекательной и доходчивой форме представляет собой сводку материалов, объединенных общей экологической проблематикой. Необходимость популяризации многих актуальных экологических проблем вызвана тем обстоятельством, что без принятия срочных мер по экологизации общественного сознания человечеству на Земле грозит глобальная экологическая катастрофа. Неразумная, часто бездумная техногенная деятельность мирового сообщества – причина современного глобального экологического кризиса на планете Земля.

В работе последовательно рассматриваются: место планеты Земля во Вселенной, откуда взялись люди, характер и сущность экологических проблем, причины нехватки и истощения природных ресурсов, а также многое другое, что является актуальным с точки зрения науки экологии. Основные проблемы будущего – урбанизация, потепление климата, кто виноват и что делать – рассматриваются с позиции развития сценариев будущего.

Издание подготовлено известными современной экологической науке сотрудниками БГПУ – профессором М.Г.Ясовеевым и старшим преподавателем В.В.Пугачем.

Научно-популярное издание предназначено для студентов экологических специальностей ВУЗОВ (экологов, геологов), школьников старших классов, а также рассчитано на интерес широкого круга читателей, интересующихся современными экологическими проблемами.

**УДК
ББК**

ISBN

© Ясовеев М.Г, В.В. Пугач
© УИЦ БГПУ, 2011

Вместо введения

Представим себе, что ученым удалось провести опрос населения Земли с целью выяснения, какие проблемы настоящего и будущего являются главными в жизни людей. С большой вероятностью мы получили бы ответ, что практически всех живущих на планете Земля интересует выживание людей, а именно экология. Каждый день средства массовой информации (газеты, радио, телевидение, интернет) уделяют огромное внимание экологическим проблемам. Проводятся международные саммиты с участием практически всех глав государств, на которых обсуждаются проблемы глобального потепления климата, использования природных ресурсов, нехватки энергии и продовольствия и т.д.

Много лет один из авторов книги занимался проблемами экологических последствий техногенной деятельности человечества. Это главная проблема современного общества, так как если не удастся решить проблему совмещения интенсивной деятельности человека с присущей этой деятельности загрязнением всех природных компонентов природной среды, то современная цивилизация погибнет в горах отходов.

Буквально на наших глазах наука экология из небольшого раздела биологии, в котором изучались условия жизни конкретного организма, стала наукой глобального общемирового значения, своего рода «философией» всех наук. Таким образом, экология стала мецанаукой, появились и отрасли в ее составе: промышленная экология, транспортная экология, горнорудная экология, сельскохозяйственная экология, даже социальная экология, экология человека и т.д. Пожалуй, не осталось ни одной области наук и деятельности человека, где бы не возникло соответствующее экологическое направление. Из наук экологического цикла особо выделим главную из них геоэкологию. К созданию этой науки много усилий приложили многие известные ученые нашей страны: академик В.Ф.Логинов, профессора А.Н.Витченко, В.Н.Киселев, В.Б.Кадацкий, А.Т.Федорук и многие другие, в том числе один из авторов профессор М.Г.Ясовеев.

Как и во всякой науке, так и геоэкологии, существует огромное количество суждений, неверных интерпретаций явлений и фактов, и просто нелепых заблуждений. Внести определенную ясность в понимание роли и места науки геоэкологии в современной системе наук и призвана настоящая книга.

Работа подготовлена сотрудниками кафедры экономической географии и охраны природы Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка профессором М.Г. Ясовеевым и старшим преподавателем В.В. Пугачем. Распределение усилий авторов выразилось следующим образом:

- введение, заключение, главы 1-10 (М.Г. Ясовеев),
- главы 11-13 (В.В. Пугач).

Издание подобного рода в нашей стране осуществлено впервые и по этой причине не лишено определенных недостатков. Замечания и предложения просьба направлять по адресу: 220050, г. Минск, ул. Советская, 18, кафедра экономической географии и охраны БГПУ.

ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ

ГЛАВА 1 КАК УСТРОЕНА ВСЕЛЕННАЯ

Мы узнаем о необъятности нашего мира, что такое вселенная, в какой галактике мы живем, является ли Земля центром мира, где наше место в Солнечной системе и вечен ли окружающий мир, всегда ли светило Солнце, когда Земля стала планетой и что было в начале «земных времен».

ГЛАВА 2 ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Мы обсудим, кто и когда создал человека; узнаем о том, являются ли человек и обезьяна родственниками или соседями; проследим генеалогическое древо антропологии; удивимся своему австралийскому родичу и всегда ли труд полезен, а также узнаем почему чем хуже, тем лучше, чтобы стать человеком.

ГЛАВА 3 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ И ВЫЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Мы узнаем какая температура и какое давление являются оптимальным для существования людей, каким воздухом можно дышать, какую воду лучше пить, опасна ли почвы, а также кое-что о том, какие продукты можно есть.

ГЛАВА 4 ГЛОБАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Рассказывается о том, как экологические проблемы стали глобальными, то есть проявились на всей территории планеты Земля. Авторы пытаются ответить на вопросы: всегда ли человек жил в согласии с природой и кто первым предсказал опасность стихийного развития техники и технологий и всей техносферы в целом. На примере одной из глобальных экологических проблем – утилизации отходов показана возможность глобальной экологической катастрофы. Так же освещается проблема – от конфликтов к согласию, от нужды и лишений к сознательному ограничению потребностей человека.

ГЛАВА 5 ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЕКТОВ

Мы узнаем, нужно ли строить Вавилонскую башню, когда прилетит астероид-убийца, а также какие еще природные и техногенные катаклизмы угрожают существованию человечества на земле. Мы познакомим читателя с возможными последствиями ядерной зимы, эпидемий, крупных землетрясений, цунами, последствиями извержений вулканов, причинами вымирания цивилизации динозавров. Кроме того, вы узнаете о том, зачем разводить пингвинов в среднеазиатской пустыне, куда текут искусственные реки и будет ли построен подземный тоннель через Беларусь в Калининградскую область.

ГЛАВА 6 ЧЕЛОВЕК И КОСМОС

В которой повествуется о том, что и на Солнце бывают пятна, является

ли каждый человек частью космоса, как на наш организм влияют электромагнитные излучения, и каким образом связаны с солнечной активностью революции, эпидемии, голодные годы, войны. Читатель узнает, как на протяжении истории Земли наряду с изменениями климата менялись представления о нем, что будет происходить с климатом в ближайшем будущем, и когда же мы будем жить в тропиках.

ГЛАВА 7 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

В которой мы узнаем, почему нельзя умываться дождевой водой, почему кислота падает с неба, а также что такое «сухие» осадки и как влияют кислотные дожди на окружающую среду: на растения, животных, человека и плоды его трудов. Интересно будет узнать и то, что же ожидает нас в будущем из-за закисления окружающей нас среды и стоит ли этого бояться.

ГЛАВА 8 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Из которой мы узнаем о глобальной сырьевой проблеме, можно ли добывать полезные ископаемые без отходов, а также какими полезными ископаемыми богата Беларусь, сколько и каких руд мы используем, а также что будем добывать в 2020 году и как это повлияет на экологию нашей жизни.

ГЛАВА 9 ПЛАНЕТА «ВОДА» ИЛИ ПОЧЕМУ ВОДА ОСНОВА ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Из главы мы узнаем сколько «литров» воды, так ли она проста по составу и строению, почему человека можно считать мыслящей водой, сколько воды нам нужно, бывает ли вода «живой» и «мертвой», кто виноват и что делать, чтобы воды хорошего качества хватило всем.

ГЛАВА 10 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

В которой будет рассказано, какая энергия является чистой, что делать, когда закончатся нефть, газ и уголь, как использовать энергию ветра, солнца, морских приливов, тепла земных недр, а также что такое биотопливо и биогаз.

ГЛАВА 11 ГДЕ В БЕЛАРУСИ ЖИТЬ ХОРОШО?

Из которой мы узнаем, можно ли выжить на необитаемом острове, о проблемах важных и не очень, что такое приоритетные экологические проблемы, чем обернулась мелиорация Полесья, и где в Беларуси жить хорошо.

ГЛАВА 12 МАЛЬТУС ОКАЗАЛСЯ ПРАВ ИЛИ СКОЛЬКО ЛЮДЕЙ СМОГУТ ВЫЖИТЬ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ

Из которой мы узнаем, сколько нас на Земле, почему не хватает еды и воды на всех, будем ли мы жить богатыми и здоровыми, или бедными и больными.

ГЛАВА 13 СТАНЕТ ЛИ ЗЕМЛЯ НАСТОЯЩИМ ДОМОМ ДЛЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА ИЛИ ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ

КАТАСТРОФА ПРЕРВЕТ СУЩЕСТВОВАНИЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ НОМО SAPIENS

Заключительная, из которой мы узнаем, куда идет человечество, попробуем рассмотреть варианты его развития. Также в ней представлены мнения экологов-оптимистов и экологов-пессимистов. В заключение рассмотрим, что нужно делать, чтобы планета Земля стала нашим настоящим домом и была сохранена для потомков.

ЛИТЕРАТУРА

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

ГЛАВА 1 КАК УСТРОЕНА ВСЕЛЕННАЯ

Мы узнаем о необъятности нашего мира, что такое вселенная, в какой галактике мы живем, является ли Земля центром мира, где наше место в Солнечной системе и вечен ли окружающий мир, всегда ли светило Солнце, когда Земля стала планетой и что было в начале «земных времен».

ДВИЖУЩИЙСЯ КОСМОС ИЛИ НЕСТАЦИОНАРНАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Земля – частица безграничной нестационарной Вселенной (Космоса), подчиняющаяся общим законам, взаимодействующая с бесчисленным множеством космических объектов. Изучение Земли как планеты невозможно без рассмотрения ее положения во Вселенной, без учета космических явлений.

Вселенная – это весь мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз.

Распределение материи по Вселенной в пространстве и времени, различные небесные тела, из которых состоит Вселенная, являются предметом изучения науки астрономии. Астрономия выясняет строение всей той части Вселенной, которая в данный момент доступна для исследования. Сведения о Вселенной в целом, основанные на сумме научных знаний, составляют задачу космологии.

На каждом этапе развития общества человечеству было известно строение лишь некоторой ограниченной части Вселенной. С усовершенствованием методов научных исследований и астрономических инструментов все более расширяется доступный для изучения объем Вселенной. Само исследование становится все более глубоким и наши знания все точнее отражают строение и развитие изучаемой области Вселенной.

На первых ступенях развития культуры представления о Вселенной ограничивались знанием ближайших к жилью человека рек, озер, гор, лесов и наиболее заметных небесных светил. В дальнейшем эти знания стали распространяться на значительные области поверхности земли; следующим этапом было установление шарообразности земли и относительной удаленности небесных светил.

Переворот, совершенный в науке Н.Коперником, уже в 16 в., привел к тому, что область Вселенной, которая была к тому времени изучена, достигла размеров всей Солнечной системы. Диаметр этой системы, составляющий около 10 млрд. км, свет проходит за 10 часов. Стало ясно, что звезды находятся от нас на расстояниях, во много раз превышающих расстояние до планет. Границы той

части Вселенной, которая стала подробно изучаться, раздвинулись до расстояний, проходимых светом за сотни тысяч лет. Началась огромная работа по изучению Галактики, то есть той звездной системы, в которую в качестве одного из членов входит в Солнце. Диаметр нашей галактики оказался равным около 30 тыс. парсек или около 100 тысяч световых лет.

За пределами нашей Галактики находится бесчисленное множество туманностей. В 20-ых гг. прошлого века, была выяснена внегалактическая природа спиральных и эллиптических туманностей, оказавшихся самостоятельными галактиками, то есть системами того же порядка, что и наша Галактика. С Земли в самые сильные телескопы видны многие миллионы галактик. Галактики распределены в пространстве неравномерно. Расстояние до самых дальних из наблюдаемых в настоящее время галактик – свыше 10 млрд. световых лет. Наша галактика входит в так называемую «местную группу» галактик. Местная группа входит в Сверхгалактику, а последняя – в Метагалактику.

Метагалактика – это космическая система более высокого порядка, в которую наша Галактика и ее соседи входят в качестве отдельных членов. Современные астрономические инструменты не позволяют достичь пределов Метагалактики, и с достоверностью неизвестно, существуют ли границы у этой системы. Однако приборы позволяют наблюдать отдаленные члены Метагалактики, находящейся от нас на расстоянии порядка нескольких миллиардов парсек. Кроме обычных галактик, обнаружены радиогалактики – источники мощного радиоизлучения. Материя в них находится в особом, дозвездном состоянии.

Наблюдениям с Земли с помощью современных радио- и оптических телескопов доступна часть Вселенной на расстоянии в триста тысяч миллиардов раз больше, чем расстояние от Земли до Солнца. Если судить по «видимой» части Вселенной, она состоит в основном из водорода (80%) и гелия (18%), присутствие других элементов незначительно. Основная масса вещества Вселенной (98%) содержится в звездах и представляет собой горячий ионизированный газ – плазму.

В Метагалактике насчитывают более 10^{23} звезд. Предполагают, что многие звезды могут иметь планетные системы. Однако общая масса вещества Вселенной, заключенной в планетах, очень невелика и, вероятно, не достигает 0,1%. Межзвездное пространство заполнено чрезвычайно разреженным газом и мелкой пылью, образующими местами гигантские «облака» – газовые и пылевые туманности. Все межзвездное пространство пронизано заряженными частицами – космическими лучами. Вселенная пронизана полями гравитационных, магнитных и электрических сил, связывающих космические объекты. Все во Вселенной находится в движении.

Звезды. Важнейшие космические объекты – звезды. Они весьма разнообразны, возможно, потому, что находятся в разных стадиях развития. О химическом составе, температуре, светимости, диаметре, массе, плотности звезд,

движениях и расстояниях до них судят по их излучению. Различие звездных спектров зависит главным образом от температуры поверхностных слоев звезды. Температура эта определяет и цвет звезды. «Холодные» звезды ($3500^{\circ} - 6000^{\circ}$) излучают преимущественно в длинных волнах (красная часть спектра), горячие ($25000^{\circ} - 35000^{\circ}$) – в коротких (фиолетовая часть спектра).

Различают *звезды-гиганты* и *звезды-карлики*. Первые обладают высокой светимостью, большой площадью излучения (большим объемом) при малой плотности вещества. Вторые, наоборот, имеют низкую светимость, малый объем и большую плотность. Так, красные гиганты в 5 – 10 тысяч раз ярче красных карликов. Диаметр больших звезд в сотни раз больше диаметра Солнца (например, диаметр звезды Бетельгейзе – в 360 раз). Звезды-карлики могут быть меньше Земли.

По массе звезды различаются сравнительно мало. Считают, что масса звезд редко превосходит массу Солнца более чем в 50 раз или бывает меньше ее в 10 раз. Плотность звезд, наоборот, очень различна: у звезд-гигантов она может быть в миллион раз меньше плотности воды, у звезд-карликов – в сотни тысяч раз больше средней плотности солнечного вещества ($1,4 \text{ г/см}^3$), масса 1 см^3 вещества таких звезд больше 10 000 т.

Многие звезды меняют блеск и поэтому называются переменными. Переменные звезды делятся на *пульсирующие* и *эруптивные*. Первые изменяют блеск периодически (периоды могут быть разной продолжительности, правильные и неправильные). Вторые вспыхивают внезапно. При вспышке так называемых новых звезд светимость их за 2 – 3 суток возрастает в десятки и даже сотни тысяч раз, а затем за несколько лет (или десятков лет) становится прежней. Значительно реже вспыхивают сверхновые звезды, излучающие при этом в тысячу раз больше энергии, чем новые.

На месте вспыхнувшей в 1054 г. сверхновой звезды находится расширяющаяся со скоростью 1000 км/сек Крабовидная туманность с источником радио- и рентгеновского излучения, совпадающим с маленькой звездочкой этой системы. Испускаемые звездочкой лучевые импульсы почти строго периодические, с очень короткими промежутками – пульсирующие. Такие источники космического радиоизлучения были открыты в 1967 и получили название пульсаров. Сейчас их известно более 50, но пульсар в Крабовидной туманности пока единственный оптически видимый и его сигналы похожи на сигналы внеземной цивилизации.

Единой, общепринятой точки зрения на происхождение звезд нет. Многие десятилетия (более 150 лет) постепенно складывалась, казалось бы, стройная система представлений об образовании звезд путем уплотнения (сгущения) газовой-пылевой материи под действием сил тяготения и магнитного поля. Предполагается, что в какой-то момент масса межзвездного вещества переходит критическую величину и начинает сжиматься (гравитационная конденсация).

Частицы и молекулы газа движутся к центру образовавшегося «облака»; при этом энергия гравитационная переходит в кинетическую, кинетическая – в тепловую. Облако» нагревается, начинает светиться – это звезда в начальной стадии.

В начальной стадии звезда состоит в основном из водорода. Когда температура в недрах звезды достигает 10 – 30 миллионов градусов, начинаются термоядерные реакции, тип которых с повышением температуры изменяется. Идет процесс «выгорания» водорода, превращение его в гелий (четыре протона ядра атома водорода образуют ядро гелия, излишек массы превращается в энергию излучения). Выделение дополнительной энергии замедляет сжатие. Притяжение уравнивается внутренним (газовым) давлением, а образование энергии – ее получением. В таком состоянии звезда может находиться в миллиарды лет без заметных изменений.

В результате «выгорания» водорода в ядре звезды ядро становится гелиевым и сжимается, что приводит к повышению температуры и распространению ядерных процессов на вышележащие ее слои. С образованием тяжелого гелия в этих слоях давление на ядро увеличивается, происходят дальнейшее сжатие и повышение температуры ядра до 100 и выше млн. градусов. В ядре начинается процесс превращения гелия в углерод, а затем образование азота, неона, магния. Огромное давление внутри звезды, вызванное повышением температуры, заставляет наружные ее слои расширяться. Размеры звезды растут, температура поверхности при этом уменьшается, светимость возрастает. Звезда превращается в красного гиганта. Возможно также, что, когда интенсивные ядерные реакции с выделением огромного количества энергии начинаются в наружных слоях звезды, она взрывается как сверхновая. При вспышках новых и взрывах сверхновых звезд межзвездное пространство обогащается гелием и другими более тяжелыми элементами, образовавшимися в звезде из водорода.

Когда «горючее» звезды исчерпано, она испытывает сжатие, сначала медленное, затем катастрофически быстрое – *коллапс*. Если давление электронного газа внутри звезды способно задержать сжатие, атомы вещества «раздавливаются» на протоны и электроны и звезда превращается в *белого карлика*. Белые карлики почти не содержат водорода. Объем их невелик, а плотность очень большая. У звезд массой от 1,2 до 2 солнечных масс процесс идет дальше: электроны как бы вдавливаются в протоны и основная масса вещества превращается в нейтроны. Это *нейтронные звезды* – самые маленькие и самые плотные из известных звезд. Плотность их вещества равна плотности атомного ядра. Сила притяжения, в сотни миллиардов раз больше, чем на Земле, удерживает нейтроны. Нейтронные звезды излучают мало света, и поэтому заметить их на большом расстоянии трудно. Однако они могут быть источниками рентгеновского излучения, позволяющего их обнаружить. Нейтронные звезды, такие являются пульсарами, излучение которых отличается строгой периодичностью.

Галактики. Звезды во Вселенной образуют различные системы. Более 60% звезд объединены в небольшие системы из 2, 3, 4, до 10 звезд, вращающихся около общего для них центра тяжести. Грандиозные по количеству звезд и по размерам звездные системы – *галактики*. Их изучены десятки тысяч, самые дальние зафиксированные галактики находятся на расстоянии более 1 миллиарда световых лет. Радиотелескопы регистрируют галактики на расстоянии более 5 млрд. световых лет. Ближайшая к нам галактика – Туманность Андромеды на расстоянии 1 млн св. лет и видна как небольшое туманное пятнышко. Среднее расстояние между галактиками составляет миллионы световых лет.

Из центра ядер галактик происходит истечение материи в виде водородных лучей, покидающих галактику. Откуда берутся гигантские количества вещества и энергии в ядрах галактик? Объяснение этому еще не дано.

Все галактики в той или иной степени излучают радиоволны, но лишь у некоторых из них радиоизлучение имеет такую же мощность, как и оптическое, т.е. в тысячи и десятки тысяч раз больше, чем у обычных галактик.

Источниками радиоизлучения во Вселенной являются также удивительные космические объекты – квазары (сверхзвезды). По мощности радиоизлучения они могут уступать радиогалактикам, но по оптической светимости превосходят их. Это самые яркие источники света во Вселенной. Они представляют собой самостоятельные самые удаленные от нас космические объекты. Расстояние до них измеряется миллиардами световых лет, т.е. они находятся на краю доступной наблюдениям части Вселенной. Природа квазаров пока не выяснена. Некоторые ученые предполагают, что они распадаются на части, давая начало будущим галактикам (галактики – «осколки» взорвавшихся квазаров, дробящиеся дальше).

Доступная наблюдением *Метагалактика* расширяется во всех направлениях, т.е. расстояние между всеми галактиками увеличивается. Метагалактика лишь часть Вселенной, что за ее пределами – неизвестно. Происходит ли только расширение метагалактики или, что менее вероятно, метагалактика пульсирует: расширение сменяется сжатием, за которым снова следует расширение и т.д.? Эти вопросы не имеют определенного ответа.

Расширение Метагалактики – факт бесспорный. Если так, то ясно, что когда-то оно началось и что в начальный момент вещество могло находиться только в каком-то особом, сверхплотном (10^{93} г/см³!) состоянии, совершенно необычном с нашей точки зрения. Температура тоже была необыкновенно высокой – до 10 млрд. градусов. Предполагается, что расширение началось примерно 10-15 млрд. лет назад взрывом чудовищной силы. «осколки» сверхплотного вещества дали начало образованию звезд, звездных систем. Процесс их образования продолжается. Не случайно и сейчас во Вселенной так много мощных взрывов (новые, сверхновые, квазары). Доказательством гипотезы «взрывного» происхождения Метагалактики (а может быть, и всей Вселенной) явилось открытие реликтового радиоизлучения, не связанного ни с каким космическим телом, а равномерно исходящего из любого места Метагалактики.

ГАЛАКТИКА (МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ) – НАШ КОСМИЧЕСКИЙ ДВОР

Галактика – сложная звездная система, куда входит и Солнечная система. Звезды в пределах галактики образуют различные скопления. В ясную ночь можно наблюдать скопление звезд галактики называемое «Млечный путь». Это множество звезд, которое для невооруженного глаза сливается в размытую белесую полосу. Галактика имеет форму чечевицы или тарелки. Солнечная система находится у самого её края, и поэтому мы видим часть Галактики в виде полосы изнутри.

Млечный Путь объединяет более 150 млрд. звезд и более 100 млн. туманностей. Вместе с Туманностью Андромеды — она образует центр так называемой *Местной* системы галактик, состоящей из 3 гигантских спиральных и 15 карликовых галактик. Масса галактики около 130 млрд. солнечных масс. Наша Галактика спиральная, симметричная относительно главной галактической плоскости, диаметр которой составляет около 100 тысяч световых лет.

Звезды концентрируются в галактической плоскости и, особенно около центра Галактики, образуя центральное сгущение. В центре Галактики — ядро, выбрасывающее в год массу вещества, равную примерно 1 солнечной массе.

Толщина самой плотной центральной части Галактики в 10 — 12 раз меньше ее диаметра. К краям Галактика сходит почти на нет. От ядра Галактики отходят спиральные «рукава», форма которых определяется направлением силовых линий галактического магнитного поля. Через ядро проходит ось вращения Галактики.

Межзвездная среда Галактики — *межзвездный газ* и *космическая пыль*. Масса межзвездного газа составляет 0,01-0,02 от общей массы звезд. Преобладает водород, число атомов которого примерно в тысячу раз превосходит число атомов всех других элементов (кальций, натрий, кислород, калий, титан и др.) вместе взятых. Основная часть его находится в нейтральном состоянии.

Общая масса пыли в Галактике и 10 раз меньше, чем масса газа, и в 500 — 10 000 раз меньше, чем масса звезд. Даже около галактической плоскости, где пыли больше, среднее расстояние между пылинками больше 100 м. Газ и пыль перемешаны и распределяются неравномерно, образуя местами облака — галактические туманности. Туманности могут быть пылевыми, с небольшой примесью газа и, наоборот, газовыми, с, примесью пыли. Межзвездная среда Галактики уменьшает прозрачность межзвездного пространства: она поглощает свет звезд, ослабляя его.

Космические лучи в Галактике имеют как вне-, так и внутри галактическое происхождение. Наиболее мощный источник их внутри Галактики — взрывы сверхновых. Направление движения заряженных частиц определяется положением силовых линий магнитного поля Галактики и, поскольку линии эти замыкаются, космическим лучам трудно вырваться из Галактики. По сложным путям («накручиваясь» на магнитные силовые линии) космические лучи идут от

источника до Земли миллиарды лет. Среди огромного количества звезд Галактики, несомненно, есть немало имеющих планетные системы.

Парадокс Ольберса. К 1840 г. астрономы измерили, наконец, расстояние до звезд — по крайней мере до ближайших из них — и обнаружили, что это расстояние заметно превышает 1 *парсек* (3,36 свет. года).

Неизбежно встал следующий вопрос: где кончаются звезды? Как далека от нас самая далекая звезда? Ведь Земля имеет поверхность конечных размеров, и размеры пространства, занимаемого солнечной системой, тоже конечны. Остаемся ли мы еще в пределах конечного, поднявшись на новую ступень? Или мы все-таки оказываемся лицом к лицу с бесконечностью — с тем понятием, которое так смущало ученых с самого начала?

Если мы ограничимся лишь той частью Вселенной, которую можно увидеть невооруженным глазом, то такая Вселенная, безусловно, будет конечной. Теперь известно, что по крайней мере в ближайшей к нам области среднее расстояние между звездами составляет примерно 10 световых лет. Мы знаем также, что невооруженным глазом можно увидеть около 6000 звезд. Предположим, что это — все существующие звезды и что все они находятся друг от друга на указанном выше среднем расстоянии. В таком случае все 6000 звезд уместятся в сфере диаметром примерно 330 световых лет (1 *парсек* = 3,36 свет. года).

Это, конечно, достаточно много по обычным человеческим представлениям. Сфера в 100 *парсек* имеет диаметр примерно в 3 квадрильона, т. е. 3000000000000000 км, и ее размеры потрясли бы и ошеломили бы любого астронома, жившего до 1600 г., и многих из живших позже.

Однако эти 6000 звезд — отнюдь не все существующие звезды. Едва Галилей в 1609 г. навел на небо свой первый телескоп, как обнаружил множество слабых звезд, невидимых невооруженным глазом. И каждое новое усовершенствование телескопа приносило новый обильный урожай еще более многочисленных и еще более слабых звезд.

Сперва не было видно конца этим открытиям, и в 1800 г. вместо Вселенной с диаметром в 100 *парсек*, включающей 6000 звезд, легко было бы признать существование Вселенной с бесконечным числом звезд и без какого-либо конца в пространстве. В этом случае вопрос: «Как далека от нас самая далекая звезда?», не имел бы смысла, потому что на него можно было бы ответить: «Самой далекой звезды не существует!»

Однако мысль о бесконечности, как всегда, была для человечества непереносима. На возможность существования бесконечной звездной Вселенной было начато наступление с двух сторон — и в теории, и в наблюдениях.

Теоретические основания для сомнений в бесконечности звездной Вселенной были сформулированы немецким астрономом Генрихом Ольберсом. В 1826 г. он пришел к так называемому парадоксу Ольберса. Чтобы изложить его, начнем с установления следующих предпосылок:

- 1) протяженность Вселенной бесконечна;

- 2) число звезд бесконечно, и они распределены по Вселенной равномерно;
- 3) все звезды Вселенной имеют в среднем одинаковую светимость.

Представим себе солнечную систему в центре подобной Вселенной и разделим в своем воображении Вселенную на тонкие концентрические слои, вроде тех, из которых складывается луковица (рис. 1.1).

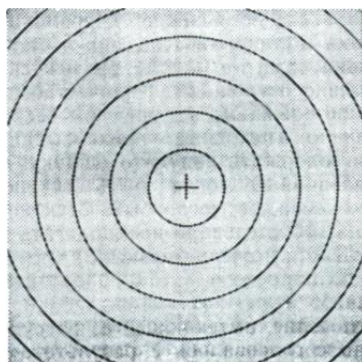


Рис. 1.1. Парадокс Ольберса

Объем каждого из этих тонких слоев будет возрастать пропорционально квадрату расстояния слоя от центра. Если слой А находится в 3 раза дальше от нас, чем слой В, то объем слоя А будет в 3^2 , т. е. в 9 раз больше, чем объем слоя В. И если звезды равномерно распределены по всем слоям (предпосылка 2, см. выше), слой А, объем которого в 9 раз больше объема слоя В, будет содержать и в 9 раз больше звезд.

С другой стороны, свет отдельных звезд ослабевает пропорционально квадрату расстояния до них. Если слой А в три раза дальше, чем слой В, и содержит в 9 раз больше звезд, то яркость каждой отдельной звезды (при одинаковой средней светимости — предпосылка 3, см. выше) слоя А будет равна $(1/3)^2$, т. е. $1/9$ яркости отдельной звезды слоя В.

Таким образом, получается, что слой А содержит в 9 раз больше звезд, чем слой В, и что яркость каждой звезды слоя А равна лишь $1/9$ в яркости каждой звезды слоя В. Следовательно, общая сумма света, получаемого солнечной системой от слоя А, равна $9 \times 1/9$ света, получаемого от слоя В. Иначе говоря, солнечная система получает и от слоя А, и от слоя В равное количество света.

Точно такой же вывод получается для любого другого слоя. Отсюда следует, что если бы количество слоев было бесконечно (предпосылка 1, см. выше), то количество достигающего нас света также было бы бесконечным — при условии, что ближние звезды не заслоняли бы более отдаленных. Но даже если учесть, что ближние звезды заслоняют дальние, все небо должно было бы сиять, как поверхность одного гигантского яркого солнца. А на самом деле этого, разумеется, нет.

Ольберс предположил, что объяснить этот парадокс можно было бы присутствием в космосе пылевых облаков, которые поглощают свет более далеких звезд, так что до нас доходит лишь свет относительно близких звезд.

Однако такое объяснение невозможно. Если бы пылевые облака поглощали свет, они постепенно нагревались бы, пока сами не начали бы испускать столько же света, сколько поглощают. Количество света, достигающего нас, по-прежнему осталось бы бесконечным.

Следовательно, исходные предпосылки Ольберса должны были содержать какую-то ошибку: либо протяженность Вселенной не могла быть бесконечной, либо, если она бесконечна, не могло быть бесконечным число звезд. Вместо этого следовало предполагать существование конечного (хотя и очень большого) числа звезд, распределенных по конечному (хотя и очень обширному) пространству.

Такое заключение, вытекающее из рассуждений Ольберса, отлично согласовалось с результатами тщательных астрономических наблюдений, которые вел в это время Вильям Гершель.

Линза Гершеля. По крайней мере одна из предпосылок, на которые опирается парадокс Ольберса, с первого взгляда представляется весьма сомнительной.

Конечно, можно предположить, что звезды распределены в космическом пространстве равномерно, но наблюдения над той частью Вселенной, которая видна с Земли, никак не подтверждают такого предположения.

Все небо опоясывает мягко светящаяся полоса, проходящая через созвездия Орион, Персей, Кассиопея, Лебедь, Орел, Стрелец, Центавр и Киль. Она плохо видна в сиянии ярких огней современных городов, но в безлунные ночи где-нибудь в деревенской глуши она удивительно красива.

Древние, которые не знали такого сомнительного (с точки зрения астронома) блага, как электрическое освещение, были прекрасно знакомы с этой светящейся полосой. Она казалась им похожей на молочное облако. Греки называли ее *galaxias kyklos* («молочный круг»), а римляне — *via lactea*, что в буквальном переводе означает «Млечный Путь». Из греческого в наш язык пришло слово «галактика».

В 1610 г. Галилей взглянул в свой примитивный телескоп на Млечный Путь и обнаружил, что это не бесформенное светящееся облако, а огромное скопление чрезвычайно слабых звезд, как, впрочем, и предполагали некоторые философы задолго до изобретения телескопа.

По-видимому, можно не сомневаться, что в направлении Млечного Пути располагается гораздо больше звезд, чем во всех других направлениях. Да и наиболее ярких видимых звезд там можно насчитать гораздо больше, чем в любой другой части небосвода. А все это явно противоречит предположению о равномерном распределении звезд в космическом пространстве.

Гершель, занимавшийся систематическим изучением звездного неба, прекрасно знал, что в некоторых направлениях можно насчитать больше звезд, чем в других, но такие чисто качественные оценки его не устраивали. В 1784 г. он решил сосчитать звезды и точно установить, насколько различно их количество на разных участках неба.

Разумеется, сосчитать все звезды на всем небе было практически невозможно, но Гершель решил, что достаточно будет ограничиться выборочным подсчетом. Он выделил в различных частях небосвода 683 точно ограниченные области и в каждой из них сосчитал звезды, видимые в его телескоп. Обнаружилось, что число звезд неуклонно возрастает по мере приближения к Млечному Пути, достигая максимума в плоскости Млечного Пути, и оказывается минимальным, если смотреть под прямым углом к этой плоскости.

Как можно было это объяснить? Быть может, ближе к Млечному Пути звезды случайно располагаются более тесно? Но почему? Казалось невозможным найти простое объяснение этому неуклонному сгущению звезд. Гершель решил, что гораздо логичнее следующая идея: звезды разделены одинаковыми расстояниями, но пространство, в котором они распределены, не сферично, а потому оно симметрично далеко не во всех направлениях.

Таким образом, согласно Гершелю, все звезды Вселенной образуют конечную звездную систему, которая имеет определенную форму. (Со временем слово «Галактика» стало означать не только видимый Млечный Путь, но и всю эту звездную систему, так что мы говорим о нашем Солнце, как об одной из звезд Галактики).

Гершель даже попытался примерно определить размеры этой системы, исходя из числа звезд, которые он видел в разных направлениях, а также из предположения, что они располагаются на равных расстояниях друг от друга. Он пришел к выводу, что большой диаметр линзообразной Галактики примерно в 800 раз превышает среднее расстояние между двумя звездами (таким он считал расстояние между Солнцем и Сириусом — и угадал правильно, во всяком случае, для звезд, соседних с Солнцем). Малый диаметр Галактики, по его мнению, был больше этого среднего расстояния в 150 раз.

Таким образом, Гершель считал, что Галактика может содержать 300000000 звезд, т. е. в 50 000 раз больше, чем их видно невооруженным глазом. Далее, если принять среднее расстояние между звездами в 10 световых лет (при этом следует помнить, что первые реальные расстояния до звезд были измерены только через 16 лет после смерти Гершеля), то большой диаметр Галактики оказывался равным 8000 световых лет, а малый — 1500 световых лет.

А поскольку Млечный Путь, казалось, опоясывал все небо и повсюду был достаточно ярок, напрашивался вывод, что Солнце находится где-то неподалеку от центра Галактики.

Наблюдения Гершеля и рассуждения Ольберса на целое столетие покончили с идеей о бесконечности Вселенной. Труды астрономов XIX в., все точнее подсчитывавших и наносивших на карту все большее количество звезд, только добавляли новые детали к общей картине, нарисованной Гершелем.

Однако во второй половине XIX в. с развитием фотографии, необходимость визуально определять положение каждой звезды отпала навсегда. Фотография

какой-нибудь части звездного неба навеки фиксировала эту часть, после чего звезды можно было спокойно подсчитывать в удобной обстановке.

Особенно много с фотографиями звездных полей работал в начале XX в. голландский астроном Якоб Корнелий Каптейн. Как и Гершель, он производил выборочные подсчеты звезд. Но в одном отношении Каптейн пошел дальше. Он предпринял систематические подсчеты звезд каждой звездной величины.

Если число звезд бесконечно, их общее количество должно непрерывно возрастать с каждым последующим слоем окружающего нас пространства, поскольку каждый последующий слой больше предыдущего и должен содержать большее количество звезд. А так как более далекие звезды обычно выглядят более слабыми, казалось бы, следовало ожидать непрерывного возрастания числа звезд по мере убывания их яркости.

Каптейн, однако, обнаружил, что численность звезд самых больших звездных величин, т. е. самых слабых, по сравнению с предыдущими величинами не возрастает, а, наоборот, уменьшается. Это означало, что в наиболее отдаленных слоях звезды начинают редеть, и Каптейн смог определить примерное расстояние до тех последних слоев, где звезды исчезают совсем.

Полученные им результаты подтвердили гипотезу Гершеля о линзообразной Галактике, в центре или около центра которой находится наше Солнце. Однако вычисленные Каптейном размеры Галактики были больше полученных Гершелем. В 1906 г. Каптейн оценил больший диаметр Галактики в 23 000 световых лет, а меньший — в 6000 световых лет. К 1920 г. он еще увеличил эти размеры — соответственно до 55 000 и 11000 световых лет.

Звездные скопления. Итак, тот факт, что в созданной Гершелем и Каптейном модели Галактики Солнце располагалось в самом центре или вблизи от него, не имел особого значения. Это была простая случайность. Если бы человечество проводило соответствующие астрономические наблюдения в иную эпоху — в далеком прошлом или в далеком будущем, — Солнце могло бы оказаться вблизи того или иного конца Галактики.

Человеческому тщеславию не слишком приятна мысль, что Солнце (а следовательно, и Земля, и сам человек) оказалось в центре всего сущего лишь случайно. Но даже и такая уверенность заметно пошатнулась, когда в первые два десятилетия XX в. Каптейн уточнил последние детали своей модели Галактики.

Сомнения в правильности модели Гершеля-Каптейна возникли из-за данных, полученных в результате наблюдений не столько за отдельными звездами, сколько за группами звезд.

Плеяды. Даже невооруженным глазом можно легко обнаружить существование подобных групп. Наиболее заметная из них — Плеяды, небольшое скопление умеренно ярких звезд в созвездии Тельца. В этом скоплении девять звезд, достаточно ярких для того, чтобы их можно было увидеть невооруженным глазом, но некоторые из них расположены так близко друг к другу, что их трудно

различить по отдельности. Человек с нормальным зрением видит их шесть или семь (это скопление иногда называют еще «Семь Сестер»).

Когда Галилей в 1610 г. навел свой телескоп на Плеяды, он без труда насчитал в этой группе 36 звезд; современные фотографии показывают их не меньше 250, всего же там должно быть приблизительно 750 звезд.

Плеяды — это не группа звезд, находящихся от нас на самых различных расстояниях и лишь случайно оказавшихся на одном луче нашего зрения; нет, это настоящее звездное скопление. Бессель доказал это в 1840 г., когда обнаружил, что члены этого скопления обладают собственным движением и движутся в одном направлении. Если бы это были ничем не связанные между собой звезды, то такое совпадение направления и скорости движения оказалось бы слишком уж невероятным.

Хотя Плеяды — наиболее красивое из звездных скоплений, видимых невооруженным глазом, они дают лишь очень слабое представление о великолепном зрелище, которое можно увидеть в телескоп.

Сам того не зная, французский астроном Шарль Мессье столкнулся с этими гигантскими скоплениями, занимаясь поисками куда более мелких небесных тел. Мессье был охотником за кометами и за свою жизнь открыл их не так уж мало. Но его очень раздражали «косматые» небесные объекты, которые были совершенно неподвижны и вовсе не являлись кометами. В 1781 г. он тщательно нанес на карту около 40 таких объектов, чтобы в дальнейшем и он сам, и другие охотники за кометами, зная их местоположение, могли спокойно не обращать на них внимания. Впоследствии Мессье и некоторые другие ученые довели список этих объектов до 100.

Среди них, например, был один «косматый», расплывчатый звездоподобный объект, который впервые наблюдался Галлеем в 1714 г. В списке Мессье он значится тринадцатым, а потому его иногда называют М 13. Когда несколько десятилетий спустя Вильям Гершель начал изучать М 13, пользуясь гораздо более совершенным телескопом, чем тот, который был в распоряжении Мессье, он обнаружил, что смотрит не на расплывчатое светлое пятнышко, а на очень густое скопление звезд.

Плеяды — это группа относительно широко разбросанных звезд, и потому они получили название рассеянного скопления, но объект М 13 был шаром из тесно расположенных звезд, и потому его называли шаровым скоплением. Так как М 13 находится в созвездии Геркулеса, его теперь нередко называют Большим скоплением Геркулеса. Шаровое скопление состоит не из сотен, а из тысяч звезд. В Большом скоплении Геркулеса их сосчитано свыше 30 000, а общее их число должно намного превышать 100 000 и, возможно, приближается к миллиону. Вблизи центра скопления средние расстояния между звездами должны быть значительно меньше одного светового года.

И это — не единственное шаровое скопление. В списке Мессье их было еще несколько, в том числе М 3 в созвездии Гончих Псов и М 22 в созвездии Стрельца. Всего известно около 100 таких шаровых скоплений.

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА – НАШ КОСМИЧЕСКИЙ ДОМ

Солнечная система — одна из множества различных по размерам и сложности систем составляющих Галактику. Она расположена на расстоянии около 30000 световых лет от центра галактики. Ближайшая к ней звезда Проксима Центавра, находится на расстоянии 4 свет. года. Центральное тело Солнечной системы — единственная в ее составе звезда — Солнце. В нем сосредоточено 99,86 % всей массы системы и только 2 % общего момента количества движения.

Кроме Солнца, в Солнечной системе 9 больших планет, тысячи малых планет (астероидов), миллионы комет, метеорное вещество — межпланетный газ. Общая масса всех планет — $1/745$ массы Солнца. Общая масса комет и астероидов меньше массы Земли. Солнечная система находится в постоянном движении.

Все планеты Солнечной системы обращаются вокруг Солнца по эллиптическим (близким к круговым) орбитам, лежащим почти в одной плоскости. Одновременно с поступательным движением по орбитам планеты (кроме Венеры и Урана) и их спутники вращаются вокруг своих осей, в направлении орбитального движения. При этом положение осей вращения в пространстве длительное время почти не меняется. Сохраняется и величина периодов вращения, разная у разных планет. Вокруг своей оси вращается и Солнце в том же направлении, в каком движется вокруг него по орбитам планеты.

При рассмотрении движения планет по орбитам около Солнца за основную координатную плоскость принимается плоскость земной орбиты — *эклиптика*.

Впервые правильную картину движения планет Солнечной системы, доказывающую единство системы, создал Н. Коперник. Его учение было развито И. Кеплером, установившим законы движения планет:

1. Все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых, общем для всех планет, находится Солнце.

2. Радиус-вектор планеты в равные промежутки времени описывает равновеликие площади.

3. Квадраты времени обращения различных планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит, или средних расстояний от Солнца.

Используя законы Кеплера, Ньютон доказал, что движение планет, притяжения. По закону всемирного тяготения все тела взаимодействуют между собой, при этом сила притяжения прямо пропорциональна массам взаимодействующих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = f \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

Где f — постоянная тяготения = 6,61108.

Основная сила, управляющий движением тел Солнечной системы, — *притяжение Солнца*. Своим притяжением Солнце вызывает ускорение в движении планет, но и планеты, притягивая Солнце, сообщают ему некоторое ускорение. Поэтому не планеты двигаются вокруг Солнца, а Солнце и планеты двигаются вокруг общего их центра тяжести с одним и тем же периодом, но планета описывает большой эллипс, а Солнце — очень маленький; то же относится к движению планет и их спутников.

Взаимное притяжение планет друг к другу сравнительно с притяжением Солнца очень невелико, но и оно оказывает влияние, вызывая отклонения в движении планет — *возмущения*. Так как притяжение зависит не только от масс притягивающих тел, но и от расстояния между ними, сравнительно небольшие, но близко расположенные тела могут вызывать значительные возмущения. Кометы и астероиды заметных возмущений в движении планет не вызывают. Влияние же планет на движение этих тел, наоборот, велико.

Размеры Солнечной системы по сравнению с расстояниями между звездами очень малы. О них можно судить по расстоянию от Солнца до Плутона — 5905 млн. км. Некоторые кометы, двигающиеся по сильно вытянутым орбитам, удаляются от Солнца на очень далекое расстояние.

Солнце. Солнце — звезда средней величины и светимости — огромный газовый шар, состоящий из водорода (70 %) и гелия (29 %), вращается вокруг оси с различной на разных широтах скоростью: на экваторе он делает один оборот за 25 земных суток, вблизи полюсов — за 30. За границу Солнца условно принимают видимую с Земли границу его диска. Диаметр Солнца — 1392000 км (109 диаметров Земли), объем $1,41 \times 10^{33}$ см³ (в $1,3 \times 10^6$ раз больше объема Земли), масса 2×10^{33} г (330000 земных масс), средняя плотность — 1,41 г/см³ (во внутренних частях звезды плотность достигает 100 г/см³, внешние же слои менее плотные, чем атмосфера у земной поверхности).

Сила тяжести, удерживающая раскаленное солнечное вещество на поверхности Солнца, в 28 раз больше, чем на Земле. Температура на его поверхности около 6 тыс., во внутренних частях — до 16 млн. градусов. Там при давлении выше 100 млрд. атм. происходят ядерные реакции. Выделяющаяся энергия достигает поверхности Солнца за время порядка 10 млн. лет. При этом она неоднократно поглощается и переизлучается, характер ее изменяется: вместо поглощенных гамма-лучей излучаются рентгеновские, вместо рентгеновских — ультрафиолетовые и, наконец, видимые и тепловые лучи. Общее количество энергии, излучаемое Солнцем в мировое пространство, $3,9 \times 10^{33}$ эрг/сек. Внешние слои Солнца, излучение которых мы видим, образуют солнечную атмосферу, состоящую из *фотосферы, хромосферы и короны*.

Фотосфера (светящаяся оболочка) — тонкий (200 — 300 км) непрозрачный слой газа, плотность которого с высотой быстро уменьшается. В этом же направлении температура фотосферы понижается от 6000 до 4500° — минимальной температуры всей солнечной атмосферы. Фотосфера находится в состоянии лучистого равновесия: она излучает столько энергии, сколько в нее поступает из центральной области Солнца. Это основная часть солнечной атмосферы.

Над фотосферой расположена *хромосфера*. Наружная, постоянно волнующаяся ее поверхность достигает высот 15000 — 20000 км. Еще выше (до 150000 км) поднимаются «фонтаны» раскаленного газа — *протуберанцы*.

Внешний, практически безграничный слой солнечной атмосферы — *корона* представляет собой разреженную плазму (смесь положительно и отрицательно заряженных частиц с кинетической температурой около 1 млн. градусов). Из короны происходит непрерывное спокойное истечение плазмы (расширение короны) со скоростью от 300 — 400 до 800 км/сек., в результате чего Солнце уменьшится на 1 % за 100 млрд. лет. Это так называемый *солнечный ветер*. Во время вспышек на Солнце в космическое пространство направляются узкие потоки корпускул со скоростью 2000 км/сек., достигающие Земли.

Солнечные пятна — относительно холодные участки фотосферы. Температура их примерно на 1500° ниже температуры окружающего пространства, по сравнению с которым они кажутся темными. Пятна возникают группами и существуют от нескольких часов до нескольких месяцев. Размеры среднего пятна 7000 — 15000 км в поперечнике. Группы пятен всегда окружены светлыми волокнистыми образованиями — *фотосферными факелами*. Самые мощные и быстро развивающиеся проявления солнечной активности — *хромосферные вспышки* — внезапное и очень сильное увеличение рентгеновского и ультрафиолетового излучения. Общая энергия вспышки сравнима с энергией взрыва тысяч водородных бомб.

Движущееся Солнце. Нарисованная Гершелем картина Вселенной нанесла еще один удар по представлению человека о собственной значимости.

В древности человек был склонен считать себя буквально средоточием Вселенной. Вселенная была не только геоцентрической, так как неподвижным центром всего сущего была Земля — родина человека, она была также антропоцентрической, так как мерилom всего сущего был человек.

Когда Коперник завершил свой труд и созданная им гелиоцентрическая теория была постепенно принята повсеместно, поддерживать идею о первостепенной важности человека стало не так-то легко. Ведь он обитал всего лишь на планете — на одной из многих планет, и его планета к тому же отнюдь не была ни самой большой, ни самой прекрасной. Земля была несравненно меньше Юпитера, а красотой далеко уступала Сатурну.

Тем не менее для астрономов XVII и XVIII столетий Солнце оставалось неподвижным центром Вселенной, а Солнце все-таки было наше! Оно было источником света, тепла и жизни на Земле.

И все же по мере того, как представление о твердом небесном куполе утрачивало свои позиции, начинало казаться, что Солнцу не может принадлежать столь уж главенствующая роль во Вселенной. Если звезды рассеяны по необозримому пространству, а Солнце—всего лишь заурядная звезда, то и оно, пожалуй, так же не обязательно должно быть центром Вселенной, как и сама Земля.

Более того, если принять Галактику таких размеров, какие были предложены Гершелем, — Галактику, населенную сотнями миллионов звезд, — то становилось просто неловко всерьез утверждать, что наше Солнце занимает какое-то особое положение среди такого множества небесных тел, рассеянных в таком огромном пространстве.

Собственное движение обнаруживалось у все большего числа звезд, и тем не менее не было никаких данных, которые свидетельствовали бы о том, что звезды обращаются вокруг Солнца. Характер собственного движения звезд казался случайным, и все более напрашивался вывод, что всем звездам свойственно такое более или менее беспорядочное движение (как у пчел в большом рое), а если у той или иной звезды собственного движения не обнаружено, то либо она так далека от нас, что для обнаружения ее перемещения требуются столетия, либо она движется прямо к нам или от нас, так что мы не можем заметить никакого поперечного движения.

Но если так, то логика подсказывала, что и Солнце тоже должно двигаться. Почему бы оно одно сохраняло неподвижность во Вселенной движущихся звезд? К такому заключению пришел в 1783 г. Гершель и попробовал определить, каково может быть направление движения Солнца.

Предположим, что Солнце окружено звездами, равномерно распределенными в пространстве. В этом случае будет казаться, что ближайшие к нему звезды разделены большими расстояниями, а дальние расположены гораздо теснее. То же явление мы можем наблюдать, глядя на ровные ряды садовых деревьев или на людей, стоящих в шеренгах и колоннах. Это — обычное свойство перспективы.

Во времена Гершеля было определено собственное движение лишь очень немногих звезд, но даже и по этим скудным данным Гершель на основе приведенных выше рассуждений смог установить, что Солнце действительно движется — что оно движется по направлению к некой точке в созвездии Геркулеса. Его предположение оказалось близким к истине. Астрономы определили собственное движение многих звезд, однако они и теперь помещают апекс (точку, по направлению к которой, по-видимому, движется Солнце) не так уж далеко от места, указанного Гершелем. Согласно самым последним наблюдениям, эта точка находится в созвездии Лиры, соседнем с созвездием

Геркулеса. Солнце движется к апексу со скоростью 20 км/сек относительно ближайших звезд.

Итак, самым крупным телом Солнечной системы является Солнце – единственная в ее составе звезда, вокруг которой обращаются все планеты со своими спутниками, астероиды, кометы, метеорное вещество, газопылевые облака.

Пять планет – Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн – видны невооруженным глазом. Они были известны еще в глубокой древности. Остальные три планеты – Уран, Нептун и Плутон – открыты лишь после изобретения телескопа.

В солнечную систему входят: девять больших планет с 32-мя спутниками, включая Землю, десятки тысяч малых планет (астероидов), кометы, метеорное вещество. Планеты светятся благодаря отражению солнечного света. Они обращаются вокруг Солнца в одном направлении и примерно в одной плоскости по эллиптическим орбитам. Кроме больших планет, между орбитами Марса и Юпитера, вокруг Солнца движется множество мелких планет-астероидов (около 150000).

Большие планеты делятся на две группы: планеты типа Земли и планеты-гиганты. Планеты **земной группы**, или как их называют, **внутренние планеты**, отличаются небольшими массами, большими плотностями. Они медленно вращаются вокруг своих осей. У них мало или вовсе нет спутников. К ним относятся: Меркурий, Венера, Земля, Марс. **Планеты-гиганты**, или **внешние планеты** – Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон – имеют большие массы, малые плотности, быстро вращаются вокруг своих осей и окружены плотной атмосферой, в составе которой преобладают соединения водорода, например, аммиак и метан. Планета Плутон не является гигантом, она меньше Земли. Полагают, что это бывший спутник Нептуна.

Луна. Это ближайшее к нам небесное тело, спутник Земли. Размеры Луны в четыре раза меньше земного. Масса Луны в 81,5 раза меньше массы Земли. Сила тяжести на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле. Среднее расстояние от Земли до Луны 384 400 км. Луна и Земля имеют общий центр вращения, а период обращения Луны вокруг Земли совпадает с периодом ее вращения вокруг оси. Поэтому Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной. На поверхности Луны видны темные пятна - обширные равнины, окаймленные горными цепями до 6-7 км высоты. Первые наблюдатели называли эти пятна «морями» (Море Дождей, Море Ясности, Океан Бурь), хотя давно известно, что на Луне воды нет.

Для поверхности Луны характерны цирки и кратеры. Цирки – это кольцевые горы, окружающие плоскую равнину и достигающие 200 км в диаметре. Кратеры отличаются от цирков тем, что в центре их возвышаются остроконечные горы. Происхождение их ученые связывают со следами вулканической деятельности или с падением гигантских метеоритов. На поверхности Луны наблюдаются трещины, достигающие 400 км длины. На Луне нет атмосферы, поэтому

метеориты беспрепятственно падают на нее. При падении они обычно взрываются, в результате чего вся поверхность Луны представляет собой шлакообразную массу.

Для Луны характерны резкие колебания температуры. Во время лунного дня, продолжающегося почти две недели, поверхность ее накаляется до 120-130°C, а во время двухнедельной ночи температура падает до -150°C. Колебания температуры происходят только на поверхности, на глубине 50 см температура постоянная (-50°C). На Луне нет воздуха, нет облаков.

Меркурий. Самая близкая к Солнцу планета. Среднее расстояние от Солнца 58 млн. км. По размерам он немного больше Луны. Период обращения Меркурия вокруг собственной оси совпадает с периодом обращения вокруг Солнца и составляет 88 земных суток. Сутки и год имеют одну и ту же продолжительность.

Венера. Следующая за Меркурием по расстоянию от Солнца планета. Расстояние от Солнца составляет 108 млн. км, а ближайшее к Земле расстояние - 39 млн. км. В периоды сближения с Землей, она по своей яркости стоит на третьем месте после Солнца и Луны. Размеры Венеры почти совпадают с размерами Земли. Венера окутана плотной атмосферой со сплошными и постоянными облаками, сквозь которые совершенно не видна ее поверхность. Один оборот вокруг своей оси Венера совершает в течение 243 земных суток, при этом вращение происходит в обратную сторону по отношению к другим планетам (против часовой стрелки). Вокруг Солнца Венера оборачивается за 225 земных суток, т.е. сутки на Венере длиннее года.

По современным данным температура поверхности Венеры достигает 500°C, давление около 100 атм., ее атмосфера на 97% состоит из углекислого газа с небольшой примесью азота и водяных паров. Условия на Венере исключают возможность существования органической жизни (земного типа).

Марс. Следующая, четвертая от Солнца планета. Минимальное расстояние от Земли 56-60 млн. км. Марс в два раза меньше Земли. Период вращения вокруг своей оси 24 часа 27 минут. Смена дня и ночи, а также сезонов года на Марсе происходит так же, как на Земле. Продолжительность марсианского года вдвое больше земного. При наблюдении в телескоп на Марсе замечены белые шапки. В зимнее время они увеличиваются, а с наступлением лета, уменьшаются или исчезают. Скорее всего, это слой, состоящий из водяного льда с примесью твердой углекислоты.

Атмосфера Марса сильно разрежена и состоит, главным образом, из углекислого газа с незначительной примесью водяных паров, атомарных водорода и кислорода. Основную часть поверхности Марса занимают красновато-оранжевые пространства, придающие всей планете красноватый оттенок. Эти обширные области представляют собой пустыни, над которыми часто происходят бури. Предположительно, на Марсе существовала жизнь.

Юпитер. Первая планета внешней группы. Самая крупная из планет, ее размер составляет 11 земных диаметров. Ближайшее расстояние до Земли – 590 млн. км. Вокруг своей оси вращается за 9 час. 56 мин., а вокруг Солнца – за неполных 12 земных лет. Сияет белым светом. Планета окружена мощным слоем атмосферы, в которой преобладает водород, содержится гелий, метан, аммиак. Температура атмосферы – 140°C.

Сатурн. Он удален от Солнца на 1,4 млрд. км. По размеру немного уступает Юпитеру. Период обращения вокруг своей оси – 10 час. 14 мин., а вокруг Солнца – 29,5 земных лет. Светит тусклым светом, имеющим свинцовый оттенок. Особенностью этой планеты является тонкое (10-15 км) кольцо, лежащее в плоскости экватора и представляющее собой скопление бесчисленного множества обломков от пылинок до крупных глыб, вращающихся по своим орбитам.

Уран. Его можно наблюдать только в телескоп. Расстояние от Солнца 2,8 млрд. лет. Вокруг оси Уран оборачивается за 10 час. 48 мин., а вокруг Солнца за 84 земных года.

Нептун. Удален от Солнца на 4,5 млрд. км. Один оборот вокруг Солнца совершает за 164,8 земных года.

Плутон. Самая дальняя из известных планет Солнечной системы. Находится на расстоянии 6 млрд. км от Солнца, вокруг которого совершает оборот за 249,7 земных лет.

Астероиды. Между орбитами Марса и Юпитера имеется пояс астероидов – малых планет. Они не имеют определенной формы, а представляют собой угловатые глыбы, или обломки. Предполагают, что это осколки разрушенной небольшой планеты. Общая масса всех астероидов составляет 1/1000 долю массы Земли.

Кометы. Слово «комета» в переводе с греческого означает «хвостатая звезда». Она состоит из ядра, головы и хвоста. Ядро состоит из твердых частиц или глыб, сцементированных замерзшими парами газов. Размеры кометных ядер не превышает 30 км в диаметре. Под влиянием солнечного тепла из ядра вырывается огромное количество светящейся материи, образующей голову и хвост кометы. Голова кометы достигает огромных размеров, а размеры хвостов могут достигать 300 млн. км. Ядра неустойчивы и недолговечны. Они обращаются вокруг Солнца по очень вытянутым орбитам, выходящим далеко за пределы орбиты Плутона.

Метеорное вещество. Это мелкие твердые обломки, масса которых измеряется граммами. Попадая в атмосферу Земли, метеорные тела нагреваются, плавятся и быстро испаряются. Более крупные проносятся по небу в виде огненных шаров (болидов). Иногда крупное метеорное тело достигает земной поверхности, тогда его называют метеоритом. Солнечная система окутана пылевым облаком, состоящим из мельчайших твердых частиц. Межпланетное пространство насыщено заряженными частицами, движущимися с тепловыми скоростями – межпланетным газом.

ГИПОТЕЗЫ, ОБЪЯСНЯЮЩИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Небулярная гипотеза происхождения и развития Солнца и Солнечной системы в общих чертах была разработана выдающимся немецким философом и физико-географом И. Кантом в 1755 г. Согласно данной гипотезе, Солнце и планеты Солнечной системы образовались из некоторой разреженной, медленно вращавшейся туманности (небулы), состоявшей из газа и пыли. В центре этой туманности возникло Солнце, а на периферии – планеты. Эта теория была достаточно верной. Но на уровне науки того времени она не была детально разработанной. В 1796 и 1824 гг. французский ученый Лаплас математически доказал роль вращения в сгущении планет. Лаплас утверждал, что Солнце и другие планеты Солнечной системы образовались из горячего облака.

Одна из космогонических гипотез происхождения и развития Солнца и Солнечной системы разработана и обоснована российскими учеными (С. Шмидт, Лебединский и др.) в 1950 г. Согласно этой теории, все тела Солнечной системы образовались из медленно вращавшегося газово-пылевого облака, в котором газ составлял свыше 90 % общей массы. При движении в Галактике это протопланетное облако оказалось в таких условиях (гравитация, температура и др.), при которых нарушилось внутреннее равновесие массы облака и оно стало сжиматься. Первоначально хаотическое движение частиц стало упорядоченным, облако приобрело дискообразную и спиральную форму. В центре сконцентрировалась наибольшая масса, в ней повысилась температура и возникли ядерные реакции. Так образовалось Солнце. В меньшей периферийной массе образовались спиральные кольца, сгущение вещества которых привело к образованию планет. Полагают, что это произошло около 10 млрд. лет назад.

Развитие планет солнечной системы. Часть газопылевого облака, находящаяся ближе к Солнцу, сильно нагревалась, в то время как удалённые от Солнца части его имели очень низкую температуру. Вследствие испарения газов близ Солнца могли существовать только частицы из тугоплавких кремнистых и металлических соединений, и здесь образовались планеты внутренней (земной) группы. Вдали от солнца, в условиях низкой температуры газы намораживались на холодные пылевые частицы, что увеличивало их объём. В этой части облака формировались планеты-гиганты.

Первоначально холодные планеты разогревались под воздействием энергии радиоактивного распада некоторых веществ. Увеличение их размеров шло сначала сравнительно быстро за счёт присоединения захваченного в облаке вещества. Позднее планеты продолжали "расти", но медленно, за счёт прямого выпадения вещества на их поверхность.

Выпадение вещества из космоса на Землю происходит и в настоящее время. Земля при своём движении вокруг Солнца захватывает встречающиеся на пути частицы, и они, оседая на Землю, увеличивают её массу. "Прирост" Земли за счёт

выпадения вещества из космоса может оцениваться в среднем в 10 млн. т. в год. По сравнению с массой Земли ($5,8 \times 10^{27}$ г) эта величина очень мала, но по сравнению с массой земной коры (2×10^{25} г) её значение возрастает. Между Землёй и Космосом происходит непрерывный обмен веществом в масштабах, которые при изучении состояния и развития нашей планеты заставляют принимать его во внимание.

Тайна возникновения Земли издавна волновала умы и воображение людей и пробуждала фантазию художников. Современная наука располагает данными, позволяющими датировать время образования планеты.

Старинные персидские сказания утверждали, что Земля существует около 10-12 тысячелетий. Жрецы Древнего Вавилона, основываясь на положении звезд и по их движению, пытались доказать значительно больший возраст мира. По их расчетам получалось, что наша планета существует около 2-х миллионов лет.

В Библии подробно рассказывается о том, что мир был создан за шесть дней. Однако библейские высказывания относительно возраста планеты и времени возникновения жизни на Земле довольно туманны. Эта неопределенность давала возможность по-разному трактовать время происхождения Земли, а потому породила немало различных теологических поисков и расчетов, которые, как правило, определяли продолжительность существования нашей планеты около 4-5,5 тысячи лет. Все эти расчеты не имеют под собой никаких научных данных и очень далеки от реальности. При этом некоторые из них поражают сверхсмелой претензией на абсолютную точность. Так, ирландский архиепископ Дж.Уссер в 1654 г. рассчитал, что мир был создан за 2004 года до рождения Иисуса Христа – 26 октября, в 9 часов утра.

Однако уже в I веке до н.э. была предпринята попытка в научно-художественной форме осветить происхождение Вселенной, Земли и жизни на ней. В поэме «О природе вещей» древнеримский поэт и ученый Лукреций (I век до н.э.) изложил основные достижения античной науки, объяснив, опираясь на научные знания, а не на религиозные верования, происхождение Земли и вселенной.

Естественные философы XVII в., наверное, были первыми, кто пытался объяснить возраст Земли научными методами на основе уже известных скоростей, с которыми протекают некоторые геологические процессы. Но это долго не получалось.

Э.Галлей, чьим именем названа периодически приближающаяся к Земле комета, исходя из скорости накопления солей в морях и океанах и существующего баланса, установил, что наша планета существует около 10 тысяч лет. Интересно, что в начале XX в., используя этот же метод, ученые установили, что возраст современных океанических впадин превышает 100 миллионов лет.

В конце прошлого века известный английский физик Уильям Томсон (лорд Кельвин) попробовал установить возраст Земли, основываясь на разнице температур между тем состоянием, в котором находилась наша планета, будучи

раскаленным шаром, и теперешним. И он пришел к выводу, что Земля существует 20, а возможно, и 40 миллионов лет.

Все эти расчеты оказались недостоверными. Возраст Земли определить не удавалось, а эти данные становились все нужнее.

Решить задачу на рубеже XIX и XX веков помогли достижения физики, связанные с изучением атомов и ядерных превращений. Можно сказать, что открытие радиоактивности дало возможность узнать *возраст* Земли и Солнечной системы. На основании радиоактивного распада урана, содержащегося в минералах и горных породах, и превращения его в свинец были составлены шкалы абсолютного летосчисления нашей планеты.

Радиогеохронологический метод быстро совершенствовался. Теперь для определения возраста горных пород используют не только урановый, но и калий-аргоновый, рубидиево-стронциевый, свинцовый, радиоуглеродный и другие методы.

На основании многолетних исследований российских и зарубежных ученых удалось установить начало и продолжительность каждого геологического периода. Первые результаты, полученные физиками и геохимиками, буквально ошеломили мир. Они свидетельствовали, что на Земле есть породы, которые возникли не сотни миллионов, а миллиарды лет назад. Древнейшие горные породы были найдены в Карелии, в Украине, в Сибири, Канаде, Гренландии, в Африке и Австралии. Всем им более 3,5 миллиарда лет. Но, как оказалось, это вовсе не предел. Недавно обнаружены горные породы в Сибири, которые образовались 3,8—4,0 миллиарда, а в Австралии даже 4,2 миллиарда лет назад. Все эти данные позволили определить и общий возраст нашей планеты — около 6 миллиардов лет.

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ – НАША КОСМИЧЕСКАЯ КВАРТИРА

Изучением закономерностей истории развития географической оболочки Земли занимается **палеогеография**. Наиболее надёжными показателями, по которым можно составить представление об этапах в истории развития Земли, являются пласты горных пород, слагающих земную кору. Отложения пластов, формировавшихся из постепенно оседавших материалов из воздуха, воды и принесённых из разных участков земной коры, в какой-то мере сохранили следы прошлых условий и особенностей развития Земли в целом или отдельных частей её и компонентов. История геологического развития Земли подразделяется на пять геологических эр, весьма различных по продолжительности (табл. 1.1). Они делятся на периоды, а периоды на эпохи. В качестве основной единицы времени берётся земной год.

Архейская эра. Архейская эра началась после формирования Земли как планеты. Она продолжалась около 2 млрд. лет.

В архее наблюдались грандиозные вулканические извержения и глубинные поднятия горячей магмы, приведшие к образованию земной первичной коры,

атмосферы и океана. При плавлении вещества верхней мантии происходила его дифференциация на тугоплавкую и легкоплавкую фракции. Легкоплавкая фракция состояла в основном из базальтов, летучих газов и водяных паров. Базальты образовали земную первичную кору, а соединения углерода (CO, CO₂, CH₄), аммиак, аргон и некоторые другие газы – атмосферу.

Таблица 1.1

Геохронологическая шкала

Эон	Эра	Длительность, млн. лет	Период	Длительность, млн. лет	Эпоха*	
Фанерозой	Кайнозойская	67,5	Антропогенный	1-2	Голоцен	
					Плейстоцен	
			Неогеновый	24,-25,5	Плиоцен	
					Миоцен	
			Палеогеновый	41	Олигоцен	
					Эоцен	
					Палеоцен	
	Мезозойская	173	Меловой	70		
			Юрский	58		
			Триасовый	45		
	Палеозойская	330	Пермский	45		
			Каменноугольный (карбон)	55-75		
			Девонский	50-70		
			Силурийский	30		
			Ордовикский	60		
			Кембрийский	70		
Криптозой	Протерозойская	Докембрий более 3000	Важнейшие рубежи в докембрии по абсолютному возрасту: 570±50, 1000-1200, 1550-1600, 1900-2000 и 2500-2700 млн. лет.			
	Архейская					

Водяной пар вулканических извержений конденсировался, возник первичный океан. Существенной геохимической особенностью океанических вод и атмосферы на первых порах геологического развития было отсутствие свободного кислорода. Образование свободного кислорода связано с жизнедеятельностью кислородовыделяющих организмов, которые появились, вероятно, более 3 млрд. лет назад. Свободный кислород начал расходоваться на окисление атмосферных газов и горных пород.

В это время наблюдалось интенсивное горообразование. В архее возникли самые древние из известных нам пород. Они имеют большую мощность, распространены повсеместно и служат фундаментом для последующих отложений. На поверхность эти древние породы выходят в виде кристаллических щитов, которые сложены сильно метаморфизированными породами, гнейсами, кварцитами, кристаллическими сланцами и др.

В конце архея появились простейшие, одноклеточные организмы. Об этом свидетельствуют встречающиеся повсюду в архейских породах графиты и чистый углерод.

Протерозойская эра. Протерозойская эра продолжалась не менее 2 млрд. лет. В протерозое активно происходил переход от восстановительных условий к окислительным в атмосфере и океане. Содержание свободного кислорода в атмосфере составляло одну тысячную долю современного уровня.

В протерозое продолжались мощные горообразовательные процессы и вулканизм. Отложения протерозоя состоят из таких же метаморфизированных и кристаллических пород, как и архейские. Интенсивнее протекало отложение осадочных пород: песчаников, известняков. С протерозойскими отложениями связаны месторождения железных руд (Кривой Рог, Курская магнитная аномалия), золота, вольфрама, слюды, графита и других. Началось образование континентальной земной коры и формирование древних докембрийских платформ материкового типа (Восточно-Европейской, Сибирской, Китайско-Корейской, Южно-Китайской, Северо-Американской, Африкано-Аравийской, Индостанской, Австралийской, Южно-Американской, Антарктической и Гиперборейской).

На протяжении докембрийской истории температурный режим Земли неоднократно менялся. Есть свидетельства неоднократного образования континентальных ледниковых щитов. *Талилы* – древние ледниковые морены найдены на многих материках, что свидетельствует о широком распространении материковых льдов.

Высокое содержание свободного кислорода обусловило появление организмов, потребляющих кислород – животных. Дальнейшее увеличение содержания кислорода в атмосфере привело к образованию озонового экрана, который позволил живым организмам сначала заселить самые верхние слои океанической воды, а затем выйти на сушу.

В результате химических реакций и биологических процессов углекислый газ атмосферы использовался организмами для образования карбонатных оболочек и скелетов организмов, а также органической массы при фотосинтезе. В протерозое шло дальнейшее развитие одноклеточных, появились многоклеточные, сине-зелёные водоросли, губки и членистоногие. Считается, что к концу протерозоя возникли все типы беспозвоночных животных. Обнаружены в архейских породах споры наземных растений. Это говорит о начале расселения жизни на суше.

Палеозойская эра. Подразделяется на ранний палеозой (кембрий, ордовик, силур) и поздний палеозой (девон, карбон (каменноугольный период), пермь). Палеозойская эра продолжалась около 330 млн. лет.

В кембрии уже существовал материк Гондвана в Южном полушарии, простиравшийся от южного полюса до экватора. Экватор проходил в районе нынешнего озера Байкал. Северное полушарие было целиком океаническим, а южное – в значительной степени континентальным. Существуют изолированно

Северо-Американская, Восточно-Европейская и Сибирская платформы. В ордовике происходит общее сближение отдельных континентальных участков.

В раннем палеозое (ордовик, силур) произошло каледонское складкообразование. Каледониды представлены Тиманским кряжем, Скандинавскими горами, Шетландскими, Пеннинскими, Аппалачскими горами (северная часть), Казахским мелкосопочником, Восточными Саянами. С силурийскими отложениями (песчаники, глинистые сланцы, известняки) связаны различные полезные ископаемые (горючие сланцы, фосфориты, медь, соль, гипс и др.).

Герцинская складчатость проявилась в позднем палеозое, результатом которой является образование герцинид – горы Уральские и Бырранга, часть Казахского мелкосопочника, Алтай, Западные Саяны, Тянь-Шань, горы Средней Европы. В карбоне произошло образование единого материка Пангеи и мощного глыбово-складчатого герцинского горного пояса – Аппалачско-Уральского. Образовался единый океанский бассейн – океан Тетис. Неоднократные наступания и отступания морей, а также интенсивные тектонические процессы изменили конфигурацию суши, создавали новые климатические условия, что способствовало обновлению фауны и флоры. Широкое распространение получили континентальные отложения (красные песчаники), свидетельствующие о господстве сухого и жаркого климата. В отложениях карбона сосредоточено около четверти мировых запасов каменного угля. В перми было время резкого сокращения площади моря и господства суши. В Южном полушарии имело место обширное материковое оледенение.

Палеозой – эра древней жизни, от которой остались многочисленные окаменелости. Эволюция органического мира в палеозое протекала более интенсивно, чем в докембрии. В начале кембрия широко распространились организмы, имевшие карбонатные скелеты, что привело к изъятию из океана большого количества CO_2 . Животный мир океана стал развиваться очень быстро. В ордовике появились первые представители позвоночных животных – панцирные рыбы. Девон называют веком рыб.

В силуре растения и животные вышли на сушу. Появление наземных растений привело к усилению фотосинтеза и возрастанию содержания кислорода. Следовательно, выход организмов на сушу был революцией в развитии органического мира и всей природы земной поверхности.

Растения в начале палеозоя были представлены водорослями, мхами и простыми наземными – псилофитами. В девоне господствующее место в растительном покрове заняли гигантские хвощи, древовидные папоротники и саговники. В это время возникла отчётливая дифференциация физико-географических условий. В карбоне появилась пышная растительность из огромных плаунов, хвощей, папоротников, что способствовало захоронению огромных количеств органических остатков из которых образовались крупнейшие месторождения каменного угля. Высокое содержание кислорода в атмосфере способствовало интенсивному химическому выветриванию, формированию

мощных кор выветривания. Южные материки были охвачены материковым оледенением, которое продолжалось и в перми. Это обусловило сильное охлаждение земной поверхности. С карбона начала отчётливо проявляться географическая зональность.

Наиболее характерными представителями фауны были земноводные, в конце эры появились пресмыкающиеся и наземные моллюски. Из рыб известны ганоидные, панцирные и акуловые. В море было много ракообразных, головоногих, плеченогих моллюсков, иглокожих, кораллов.

Мезозойская эра. Продолжалась около 170 млн. лет и подразделяется на триас, юру и мел. Конфигурация земной коры, сложившаяся под влиянием мощных палеозойских складчатостей, в начале мезозоя осложнилась колоссальными разломами земной коры, приведшими к расколу материка Пангеи и возникновению к концу триаса двух материков Лавразию в Северном полушарии и южный материк – Гондвану. Гондвана начала распадаться на два блока: Африкано-Южноамериканский и Австрало-Антарктический. В юре началось отделение Северной Америки и образование Северной Атлантики. Началось также отделение Южной Америки от Африки, что привело впоследствии к образованию Южной Атлантики. Сокращались размеры суши, рос Мировой океан. Наблюдались мощные горообразовательные процессы, обусловленные проявлением магматизма. Так начала проявляться киммерийская (мезозойская) складчатость, в результате которой образовались киммериды: горы Востока и Северо-Востока Азии, Скалистые горы в Северной Америке, Австралийские Кордильеры.

Органическая жизнь достигла более высокого развития, чем в палеозое. Широко развиваются настоящие хвойные и к концу эры начинается господство лиственных покрытосеменных растений. Они доминируют и в современную эпоху. Благодаря биологическим преимуществам покрытосеменные быстро заселили поверхность материков. Для фауны характерна резкая смена животного мира. Вымирают многие амфибии и начинается расцвет пресмыкающихся, среди которых были ползающие, плавающие и летающие виды. В конце мела гигантские пресмыкающиеся вымерли. Господство в животном мире перешло к млекопитающим. В большом количестве известны некоторые моллюски, появились костистые рыбы, птицы. Важным событием в мезозое было формирование степей и саванн.

Кайнозойская эра. Кайнозойская эра продолжается около 70 млн. лет. Она делится на три периода: палеогеновый, неогеновый и четвертичный. В палеогене начинает интенсивно развиваться альпийская складчатость. В связи с интенсивными горообразовательными процессами и разрывом поднявшихся гор накапливался обломочный материал. Произошло интенсивное поднятие материков. С неогеновыми отложениями связаны крупнейшие месторождения нефти и газа и др. полезных ископаемых. В альпийскую эпоху возникли горные системы в пределах Тихоокеанской и Средиземноморской геосинклиналей.

Образовались горы Пиренеи, Альпы, Кавказ, Гималаи, Памир, горы системы Зондских островов, а также Тихоокеанская островная дуга, береговые Кордильеры и Анды Северной и Южной Америки. Океан Тетис уменьшился. Площадь материков увеличивалась, а океанов уменьшалась. Рост площади и высоты материков способствовал охлаждению земной поверхности. Кайнозой отличается от предыдущих эр тем, что его растительный и животный мир постепенно приближается к современному. В растительном мире господство перешло к покрытосеменным, а в животном мире к млекопитающим. На больших пространствах формируются степные и пустынные зоны. Четвертичный период характеризуется великим оледенением. В кайнозой появляется человек.

В течение геологической жизни Земли состав населявших её живых существ непрерывно менялся. Относительно примитивные формы сменялись более совершенными и высокоорганизованными, лучше приспособившимися к внешней среде и более стойкими и активными в борьбе за существование. В отдельные эпохи происходит почти полная смена крупных систематических групп животных и растений. Эволюция совершалась с нарастающей скоростью.

Если всю историю Земли принять за один год (365 дней), то космическая эра, или космогоническая стадия развития будет иметь продолжительность 183 дня, архейская – 83, протерозойская – 69, палеозойская – 18, мезозойская – 8, кайнозойская – 3 дня 14 час. Человек существует 1 час. 15 мин.

В этом масштабе на земледелие, которым люди занимаются около 8000 лет, приходится около полминуты.

История человеческой цивилизации насчитывает несколько тысячелетий, человек появился несколько миллионов лет назад, а история нашей планеты заканчивает свой пятый миллиард лет. Фанерозой — время явной жизни — занимает всего одну девятую часть длительной истории Земли. Начался он около 570 миллионов лет назад, с этим временем связано появление скелетной фауны. На протяжении фанерозоя животный и растительный мир непрерывно эволюционировал. Появились и широко расселялись все более и более высокоорганизованные формы.

Разнообразие жизни на планете является результатом длительного развития и составляет ничем не заменимое условие существования человека и всего человечества. Разнообразие живых существ в биосфере сокращается, ему грозит опасность спонтанного вымирания и разрушения экосистем.

Опасность несет человек, его необдуманные безответственные действия: разрушительные войны, национальные вооруженные конфликты, техническая деятельность людей.

Является ли человек одним из биологических видов? Когда он появился и кто его предки? Ответы на эти вопросы приближают нас к пониманию ответственности человечества за мир и все живое на планете.

ГЛАВА 2 ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Мы обсудим, кто и когда создал человека; узнаем о том, являются ли человек и обезьяна родственниками или соседями; проследим генеалогическое древо антропологии; удивимся своему австралийскому родичу и всегда ли труд полезен, а также узнаем почему чем хуже, тем лучше, чтобы стать человеком.

РЕЛИГИЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЧЕЛОВЕКА

С давних времен человека интересует вопрос его происхождения. Библия отвечает на него так: «И сказал бог: сотворим человека по образу нашему, по подобию нашему...», «И сотворил бог человека по образу своему, по образу божью сотворил его» (Быт.1:26, 27). А в Коране рассказывается о том, как бог «начал творение человека из глины, потом сделал потомство его из капли жалкой воды, потом выровнял его и вдул в него от своего духа и устроил вам слух, зрение и сердца» (32:6-8).

Это было сказано много сотен лет назад, но и сегодня христианская, иудейская, мусульманская религии объявляют человека божественным творением. Защитники религии всячески стараются подчеркнуть исключительность человека как существа, наделенного бессмертной душой. Фактически утверждение о божественном творении человека – одна из самых важных догм практически всех мировых религий.

Ну, а как же обстоит дело в действительности: что говорит о происхождении человека современная наука? Прежде чем рассказать об этом, давайте познакомимся с историей вопроса.

Толкование загадки происхождения человека всегда зависело от степени культурного и общественного развития. Впервые люди, вероятно, задумались о своем появлении на Земле еще в древнем каменном веке, отстоящем от нас на сотни тысяч лет.

Человек древнего каменного века (как и некоторые близкие к нему по уровню общественного развития народы, сохранившиеся до наших дней) не ставил себя выше остальных живых существ, не отделял себя от природы.

Первобытные люди считали, что их предки происходят от животных. Так, американские ирокезы считали своим прародичем болотную черепаху, некоторые племена Восточной Африки – гиену; индейцы Калифорнии верили в то, что они потомки степных волков – койотов. А некоторые из аборигенов острова Борнео были уверены, что первые мужчина и женщина рождены деревом, оплодотворенным обвивающей его виноградной лозой.

У библейского мифа о сотворении человека есть, однако, и более древние предшественники. Намного старше его, например, вавилонская легенда, согласно которой человек был вылеплен из глины, смешанной с кровью бога Бела. Из глины же вылепил человека и бог Хнум. Вообще глина – основной материал, из

которого боги лепили людей в легендах многих племен и народов. Некоторые из народностей даже появление рас объясняли цветом используемой богами глины: из белой – белый человек, из красной – красный и коричневый и т.п. У полинезийцев была распространена легенда, согласно которой первые люди были якобы изготовлены богами из глины, смешанной с кровью различных животных.

Подобные представления бытовали среди людей веками. Но одновременно еще в древности зародилась и другая мысль – идея о естественном происхождении человека. Первоначально она была просто догадкой, которая несла в себе зерно истины. Так, древнегреческий мыслитель Анаксимандр из Милета (VII–VI в. до н.э.) полагал, что живые существа возникли из ила, нагретого солнцем, и что появление людей также связано с водой. Их тела, по его мнению, сначала имели рыбообразную форму, которая изменилась, как только вода выбросила людей на сушу. А по Эмпедоклу (V в. до н.э.), живые существа образовались из тинообразной массы, согретой внутренним огнем Земли, который прорывается иногда наружу.

Великий мыслитель древности Аристотель делил животный мир по степени его совершенства и считал человека частью природы, животным, однако животным «общественным». Его идеи оказали влияние на римского поэта и философа-материалиста Лукреция Кара, автора поэмы «О природе вещей». Он объяснил появление людей развитием природы.

И тогда же, в античные времена, возникла мысль о сходстве человека и обезьяны. Ганнон из Карфагена считал, например, что гориллы западно-африканского побережья – люди, покрытые шерстью. Такие представления вполне понятны: человекообразные обезьяны издавна поражали людей своим сходством с человеком.

Однако даже те древние исследователи, которые указывали на родство человека и животных и более или менее верно определяли его положение в природе, не могли предположить, что человек ведет свое происхождение от низкоорганизованных форм жизни. И это не удивительно. Ведь в те далекие времена господствующим являлось представление о природе и, следовательно, строении человеческого тела как раз и навсегда созданном, не подлежащим развитию.

Средневековье, как известно, было долгой ночью для всех областей знания. Любая живая мысль в те времена беспощадно гасилась церковью. А уж человек – создание божье – был под особым запретом, изучать его не смел никто. Но несмотря ни на что, несколько ученых осмелились исследовать строение человеческого тела. Одним из них был Уильям Гарвей, анатом, заложивший своими работами о кровообращении основу современной физиологии; Николай Тульп основал науку сравнительная анатомия.

И позднее мысль о родстве человека и обезьяны приходила в голову многим ученым. Ответить же на вопрос о возникновении и развитии человека, основываясь лишь на анатомических исследованиях и сравнении людей с

ближайшими к человеку млекопитающими (прежде всего с обезьянами) было невозможно. В первую очередь следовало решить во всей полноте проблемы закономерной эволюции природы в целом.

Развитие мореплавания, великие географические открытия открывали людям все новые виды животных и растений. Впервые классификацию растений и животных составил шведский ученый Карл Линней. В ней он объединил человека и обезьяну в одну группу, отметив у них много общих признаков.

Не могли не обратить внимания на сведения, накопленные естествоиспытателями, и философы. Так, немецкий философ И. Кант в своей «Антропологии» (1798) отмечал, что только революция в природе способна превратить шимпанзе и орангутанга в человека, дав им возможность передвигаться на двух ногах и снабдив рукой. Довольно близко к пониманию того, что обезьяна – исходное существо в эволюции человека, подошли и некоторые французские философы-материалисты XVIII века. Дидро, например, считал, что между человеком и обезьяной есть только количественная разница. Гельций в своем произведении «Об уме» отмечал, что человека от обезьяны отличают некоторые особенности физического строения и привычки.

И все же большинство ученых в XVIII веке придерживалось так называемой концепции «лестницы существ», высказанной еще Аристотелем. Согласно ей, ряд живых существ на Земле начинается с наиболее низко организованных и заканчивается венцом творения – человеком.

ПЕРВЫЕ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЕ ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Впервые в истории науки близко к современному пониманию проблемы происхождения человека подошел французский ученый-естествоиспытатель Ж.Б. Ламарк. Он считал, что когда-то наиболее развитое «четверорукое» перестало лазить по деревьям и приобрело привычку ходить на двух ногах. Спустя несколько поколений новая привычка укрепилась, существа стали двурукими. Вследствие этого изменилась и функция челюстей: они стали служить только для пережевывания пищи. Произошли изменения и в строении лица. После завершения «реконструкции» более совершенная порода должна была, по мнению Ламарка, расселиться по всей Земле в удобных для нее областях и изгнать все другие породы. Из-за роста потребностей новая порода совершенствовала свои способности и в конечном счете – средства к существованию. Когда общество таких совершенных существ стало многочисленным, возникли сознание и речь.

И хотя Ламарк не смог вскрыть причин происхождения современного человека, его идеи оказали огромное влияние на развитие научной мысли, в частности великого английского естествоиспытателя Ч. Дарвина, с именем которого неразрывно связаны успехи эволюционного учения.

Впоследствии Ч.Дарвин посвятил вопросу о человеке две работы: «Происхождение человека и половой отбор» (1871 г.) и «О выражении эмоций у человека и животных» (1872 г.). Его труды вызвали самые яростные нападки защитников религии. Церковь стала одним из главных оппонентов Дарвина. Это вполне понятно: его учение в корне подрывало ее вековые догмы.

В первое время даже в среде ученых число сторонников Дарвина было незначительно. И все же вскоре крупнейшие естествоиспытатели того времени осознали значение гениального открытия. Горячо, например, отстаивал эволюционную теорию от всевозможных нападков англичанин Т.Гексли. Его сравнительно-анатомические исследования убедительно показали родство человека и человекообразных обезьян по многим признакам. Поддерживал Дарвина и Э.Геккель. В своем обширном труде «Генеральная морфология организмов, общие принципы науки об органических формах, обоснование реформированной Чарлзом Дарвином теории происхождения видов» немецкий естествоиспытатель воссоздал родословную млекопитающих. Есть в ней и генеалогическая линия, идущая от полуобезьян к обезьянам и далее к человеку. Геккель заявил о существовании в родословной человека обезьяночеловека и назвал это существо питекантропом.

Чарлз Дарвин собрал и обобщил огромный материал, накопленный до него наукой, и пришел к выводу, что человек как и все другие живые существа, возник в результате чрезвычайно длительного и постепенного развития. Как и во всей живой природе, в этом процессе можно наблюдать изменчивость, наследственность, борьбу за существование, естественный отбор и приспособляемость к условиям окружающей среды.

Великий естествоиспытатель считал, что происхождение человека от низших форм жизни доказывается, во-первых, сходством в строении тела и его функциях у человека и у животных, во-вторых, сходством некоторых признаков зародыша и его развития и, в-третьих, наличием у человека рудиментарных (унаследованных от низших животных) органов. Последнему признаку Дарвин уделил гораздо больше внимания, чем двум первым. Дело в том, что первые два доказательства признавали и противники его теории, в том числе и защитники религии: ведь они не противоречили христианскому мифу о божественном творении человека.

Подробно рассмотрел Дарвин и «способ» развития человека от некой низшей формы. Творец эволюционной теории постарался учесть при этом все возможные факторы: влияние среды, тренировки отдельных органов, остановки в развитии, связь между изменчивостью различных частей организма. Он отметил, что огромное преимущество по сравнению с другими видами живых существ люди получили благодаря прямохождению, формированию руки, развитию мозга, возникновению речи. Все эти свойства, по мнению Дарвина, человек приобрел в процессе естественного отбора.

Сравнивая умственные способности человека и животных, Ч. Дарвин собрал большое количество фактов, доказывающих, что человека и животных сближают

не только некоторые инстинкты, но и зачатки чувствований, любопытство, внимание, память, подражание и воображение. Ученый рассматривал также проблему места человека в природе. Он высказал предположение, что нашими предками были обезьяны «человекообразной группы», которые, однако, не были сходны ни с одной из ныне живущих обезьян. Прародиной человека Дарвин считал Африку.

К недостаткам дарвиновских положений следует отнести переоценку роли естественного отбора в истории развития стран и народов. Дарвин не смог выделить основное свойство развившегося человека и поэтому утверждал, что между человеком и обезьяной нет качественных различий.

Определенное значение в развитии науки о происхождении человека имеют вопросы, подробно рассмотренные Энгельсом в его известной работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» (1876). В ней Энгельс убедительно раскрыл картину формирования человека под влиянием труда и наметил определенную последовательность в развитии существенных органов нашего тела.

Начальным этапом процесса выделения человека из животного мира Энгельс считает усвоение какой-то необычайно развитой породой человекообразных (антропоморфных) обезьян прямой походки (прямохождения). «Этим был сделан решающий шаг для перехода от обезьяны к человеку». При прямой походке рука освободилась для совершения трудовых операций. Однако только у человека рука стала вполне свободной и могла совершенствоваться в ловкости, гибкости и мастерстве. С данного момента и началась ее бурная эволюция по пути все большего приспособления к трудовым операциям. Приобретенные человеком навыки и свойства передавались по наследству и закреплялись в последующих поколениях.

Таким образом, рука не только орган, но и продукт труда. При этом имеются в виду больше функциональные, чем анатомические изменения органа. Энгельс подчеркивает, что общее расположение костей и мышц на руке одинаково у человека и у обезьяны, но человеческая рука может производить сотни работ, совершенно недоступных обезьяне. Он также отмечает, что под влиянием развития рук и их деятельности произошли изменения и в организме человека.

Труд расширял кругозор людей, сплачивал их в более тесные коллективы, общение в которых привело к появлению и развитию речи. Это вполне понятно: у формировавшихся людей в трудовом процессе постоянно появлялась «потребность что-то сказать друг другу. Потребность создала себе свой орган: неразвитая гортань обезьяны медленно, но неуклонно преобразовывалась для все более развитой модуляции, а органы рта постепенно научились произносить один членораздельный звук за другим».

Под влиянием труда и языка постепенно совершенствовался мозг человека. Он, в свою очередь, тоже оказывал соответствующее влияние на язык и труд. Вместе с

человеком рождалось человеческое общество, резко отличавшееся от стада обезьян, в первую очередь трудом и общением.

Трудовая деятельность человека как охотника и рыболова привела его к постоянному потреблению мяса – более питательного продукта, чем растительная пища. Это способствовало необычайному сокращению процесса пищеварения, что позволило увеличить расход энергии на другие жизненные функции. Кроме того, мозг получил гораздо больше необходимых для своего развития веществ.

Огромное значение в процессе эволюции человека имели использование огня и приручение животных. Необычайно важным следствием трудовой деятельности явилось расширение области расселения человека: он приспособился жить в разных, нередко очень трудных, природных и климатических условиях, а с течением времени научился даже изменять природу в своих интересах.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ АНТРОПОЛОГИИ

Современная наука о человеке (антропология) располагает большим фактическим материалом, накопленным в послепалеолитический период. Уже на основе вполне реальных находок наука продолжает изучение процесса становления человека.

Как же сегодня выглядит в общем виде схема эволюции от животных к человеку?

Примерно около 60 миллионов лет назад на Земле из насекомоядных млекопитающих в результате влияния природной среды и естественного отбора развились полуобезьяны, которые затем довольно быстро разделились на две ветви. Одна из них вела к широконосым обезьянам, а другая – к узконосым. Вторая ветвь и привела в конце концов к человеку.

Прежде чем рассматривать ее эволюцию, отметим, что современные человекообразные обезьяны отнюдь не предки человека, хотя они и появились на Земле раньше человека (более 30 миллионов лет назад). Человекообразные тоже произошли от полуобезьян приблизительно 70 миллионов лет тому назад. За несколько десятков миллионов лет полуобезьяны постепенно превратились в древесных обезьян, из которых в ходе эволюции возникли виды высших человекоподобных обезьян. Одни из древнейших антропоморфных обезьян стали предками современных шимпанзе и горилл, а другие положили начало линии, которая привела к человеку.

По многим признакам древнейшие человекоподобные были сходны с современными человекообразными обезьянами, в особенности с шимпанзе и гориллой. Вместе с тем у них, однако, имелись и существенные отличия. Так, руки человекоподобных существ были короче, а ноги – длиннее, чем у современных обезьян; отличались они и размерами мозга и положением клыков.

Важное значение имеют находки, сделанные в городе Эл-Файюме, расположенном в 20 километрах южнее Каира. Из них особенно интересно для

ученых животное парапитек (предобезьяна). От этого существа и ведет начало ветвь к узконосым обезьянам. Следующий этап – появление плиопитеков (предков более развитых обезьян). По сравнению со своими ближайшими предшественниками они представляют собой определенный шаг вперед и являются прародителями рода более развитых обезьян. Плиопитеки в свою очередь дали начало роду древесных обезьян – дриопитеков. Под этим названием объединяют большую группу животных, которые, в отличие от своих предшественников, имели одинаковую основную схему строения нижних коренных зубов. Ученые считают, что дриопитеки уже весьма близки к той форме, от которой впоследствии развились некоторые современные человекообразные обезьяны и человек.

Когда мы говорим о происхождении дриопитеков и их дальнейшей эволюции, то имеем в виду, что развитие человекообразных обезьян на нашей планете шло во многих местах. Причем дриопитеки далеко не единственная известная ученым сегодня ископаемая форма человекообразных обезьян. Есть и другие подобные находки, например сивапитек в Индии, удабнопитек в Грузии. А раньше в тропических лесах, возможно, жили и другие высшие и низшие обезьяны.

Одним из важнейших факторов развития всего живого на Земле служили изменения природной среды. Особенно сильно воздействие их сказывалось на сравнительно недавно возникших организмах. Приспособление к новым условиям на первых порах не вызывает каких-либо ощутимых физиологических изменений, но со временем оно приводит к явно заметным сдвигам в строении тела. В конечном счете такие факторы оказали свое влияние на эволюцию обезьяны, превращение ее в человека.

Свыше 20 миллионов лет назад дриопитеки разделились на две группы. Первые почти без изменений дожили до современности и навсегда остались в царстве животных (гориллы, шимпанзе). Судьба вторых иная: они сначала обитали на окраине лесов, а позже оказались в лесостепных районах с очень небольшим количеством леса. Перемещение их было вызвано тем, что в палеогене и неогене произошло некоторое похолодание климата. Оно явилось предвестником приближающейся эпохи оледенения – четвертичного периода. В результате похолодания территории, занятые джунглями, сокращались и отступали к югу. Часть дриопитеков переселялись в эти леса. А оставшиеся на старых местах вынуждены были приспособливаться к жизни в травянистой степи с отдельными группами деревьев. Перемены природных условий вызывали, таким образом, изменения в образе жизни дриопитеков.

Так, предки человекообразных обезьян издавна привыкли питаться плодами и ягодами, молодыми побегами, корнями и клубнями. Иногда они прибавляли к своему столу насекомых, птичьи яйца, червей, личинок, мелких млекопитающих. Причем большую часть жизни они проводили на деревьях, где сооружали себе и своим детенышам убежища, спасались от хищников. Теперь же дриопитеки

вынуждены были, во-первых, постепенно перейти от лазания по деревьям и хождения на четвереньках к прямохождению по ровной местности, во-вторых, изменить ассортимент добываемых продуктов питания.

Сегодня многие ученые склоняются к мысли, что наиболее вероятным предком существ, развивающихся в направлении человека, является рамапитек. Останки его были найдены в Индии. Это, по сути, точка, в которой пути эволюции человека и высших обезьян разошлись. Рамапитек, по-видимому, жил в редком лесу и некоторую часть времени еще проводил на деревьях.

За последнюю четверть века изменились представления о географии происхождения человека. Лишь на Африканском континенте обнаружены остатки группы животных, переходной от древнейших приматов к древнейшим людям. Еще четверть века назад к числу очагов, где шел процесс перехода от древних высших приматов к человеку, относили несколько регионов. Во-первых, Юго-Восточную Азию, где были обнаружены остатки архантропов-питекантропов. Во-вторых, Южную Африку, откуда поступали сообщения об открытиях остатков ранних гоминид. Ряд специалистов полагает, что гоминиды – самое высокоорганизованное семейство человекообразных обезьян и включает современного человека и его предшественников. Однако некоторые ученые включают в это семейство только собственно людей. И наконец, Центральную и Южную Азию, где были находки не только архантропов-синантропов, но и гигантопитеков. Идея существования нескольких очагов зарождения гоминид строилась еще и на том, что наиболее близкие предковые формы, которые дали начало ранним представителям гоминид, происходят из группы рамапитеков рода дриопитеков. Останки рамапитеков были найдены в Африке (Кения), Южной Азии (Индия, Пакистан), на Ближнем Востоке (Турция), в Европе (Греция) в отложениях миоцена. Они распространились около 14 млн. лет назад и вымерли около 8 млн. лет назад.

Прямохождение через многие миллионы лет привело к специализации конечностей человекообразных обезьян. Задние конечности распрямились в коленном суставе, кости удлинились, окрепли, пальцы укоротились, выработалась упругая сводчатая стопа. Став упругой, стопа изменила походку: уменьшились толчки при хождении. Менялась форма и положение пяточной кости, большой палец ноги стал толще и примкнул к остальным; развились сильные икроножные мышцы. А передние конечности оказались свободными. Ими можно было хватать и удерживать добычу, брать камень или палку и т.п. Фигура обезьяны все более выпрямлялась; руки стали укорачиваться, плечи – расправляться. В результате этого процесса происходили изменения и в строении кистей рук: развивался большой палец; движения руки стали более пластичными. В конце концов рука оказалась органом удивительно хорошо приспособленным к труду.

Прямохождение вызывало и многие другие изменения в организме наших далеких предков. Все процессы подобного рода совершались постепенно на протяжении большого периода времени. И не исключено, что при этом возникали

свои сложности и затруднения. Сегодня тут ясно главное: большинство особенностей в строении тела человека связано с его прямохождением. И это, кстати, одно из самых веских доказательств, что нашими предками были крупные человекообразные обезьяны.

Огромная роль в совершавшихся изменениях, очевидно, принадлежит и образу питания. Недостаток растительной пищи в степных или полустепных зонах нужно было как-то компенсировать. Выход был найден в употреблении все большего количества мяса, в результате чего возникла необходимость в охоте на животных. Охота, особенно на крупных животных, в свою очередь, требовала смекалки, хитрости, а главное, объединения усилий отдельных особей. Так начали складываться сперва стада, затем сообщества человекообразных обезьян.

Наши предки не отличались ни особой силой, ни острыми когтями и клыками. Скорость бега их тоже была невелика. Защищаться и охотиться человекоподобным обезьянам помогала их стадная жизнь. Причем с освобождением передних конечностей они умножали свою силу, используя палки, большие кости и камни. А это был уже, по существу, процесс перехода к зачаточным формам труда. Он возникал и развивался во многих стадах и постоянно упрочивался, становился жизненно необходимым, закреплялся в потомстве. Основное здесь заключалось в том, что эти животные постепенно переходили от употребления случайно найденных палок или камней к выбору более удобных, а затем и изготавливаемых хотя и примитивных, орудий.

Коллективная охота и использование орудий труда требовали новых, более совершенных способов передачи информации друг другу. Поначалу это, очевидно, были нечленораздельные выкрики, рычание и т.п. Потом появились уже членораздельные сигналы, обозначающие вполне определенные предметы или действия.

И наконец, коллективная жизнь и труд, общение в стаде обусловили еще одно важнейшее качество – развитый мозг, что в дальнейшем привело к возникновению и развитию человеческого мышления. Зарождение и развитие этого свойства оказывало огромное влияние на эволюцию разных видов человекоподобных существ (антропоидов): оно позволяло антропоидам успешно приспосабливаться к изменяющимся условиям. Так в общих чертах выглядит схема развития гоминидов – представителей группы человекообразных обезьян, у которых уже появились, свойственные человеку черты.

ОТ АВСТРАЛОПИТЕКА К ЧЕЛОВЕКУ УМЕЛОМУ

На нашей Земле примерно от двух до пяти миллионов лет назад обитало несколько видов человекообразных обезьян. Ученым сегодня известны многие останки одного из представителей сравнительно развитых обезьян – австралопитека (южная обезьяна).

Ряд антропологических открытий, сопровождавшихся широким применением не только палеонтологических, но и физических методов датирования, изменил представления специалистов о родине первого человека. Пришлось исключить из числа центров происхождения людей Юго-Восточную Азию, так как здесь не было обнаружено форм, отвечающих промежуточному звену между древними высшими приматами и собственно людьми (питекантропами). Лишь на Африканском континенте (вначале на юге, а затем на востоке) были обнаружены остатки австралопитеков – группы, переходной от древних высших приматов к древним людям. Все это позволило склониться к мысли, что существовал один центр происхождения людей – африканский. Ближе всего к людям из современных приматов стоят шимпанзе и гориллы. По некоторым биохимическим расчетам, отделение ветви гоминид от ствола других высших приматов должно было произойти не 8-14 млн. лет назад, как считали раньше, а всего лишь 5 млн. лет назад. По мнению некоторых исследователей, именно австралопитек африканский является непосредственным предком древнейших людей.

Австралопитеки по величине равны примерно современному павиану. В строении тела австралопитеков проглядывали уже некоторые признаки будущего человека: тело их было выпрямлено, они постоянно передвигались на двух ногах, руки их были свободными. Мозг достаточно велик – около 600 кубических сантиметров.

К прямым предкам современного человека австралопитеков относят не только из-за телесного сходства с ним. Эти существа уже могли изготавливать орудия труда, хотя еще чрезвычайно примитивные. Изготовление орудий – первый важнейший поворотный пункт в истории человечества. Ведь палку или камень, как известно, нередко используют и обезьяны. А вот для того, чтобы целенаправленно изготавливать орудия труда, требуется уже определенный уровень сознания. При этом, однако, надо иметь в виду, что биологические факторы в эволюции человека по-прежнему играли главную роль.

До недавнего времени считалось, что австралопитеки жили на Земле около миллиона лет назад. Но в 1960 году научный мир облетела весть об открытии английского археолога Л.Лики. При раскопках в Олдовайском ущелье (Восточная Африка) он обнаружил останки древнего существа, которое назвал зинджантропом (восточно-африканский человек). Размеры мозга зинджантропа не превышали размеров мозга австралопитеков. Но некоторые особенности в строении тела показывали, что он более древняя форма на пути эволюции человека. Древнее были и те геологические отложения, в которых обнаружены останки ископаемого существа.

Вскоре Лики нашел еще одно существо. Его останки залегали на большей глубине, чем останки ранее открытых существ. В строении конечностей, ключицы и кистей презинджантроп – так ученый назвал новую находку – тоже приближался к человеку. Особенно поразил исследователей объем мозга. Он равнялся 670-680 кубическим сантиметрам, то есть был больше, чем у

австралопитека. А ведь мозг как никакой другой орган характеризует положение существ на эволюционной лестнице. Удивил ученых и возраст находки – около 2 миллионов лет!

В бассейне р. Омо и в Олдувее обнаружены каменные орудия, возраст которых 2 млн. лет. Полагают, что их изготовляли «люди умелые» (*Homo habilis*), которые занимались не только собирательством, но и охотой, а значит, употребляли в пищу мясо. Обнаружены и признаки начальной хозяйственной организации жизни в виде базового жилья. В частности, один из участков был похож на лагерь, а другой – на место разделки туш гиппопотама. Под слоем туфа похожая не на простой заслон от ветра, а на остатки жилища.

Таковы некоторые отправные моменты, касающиеся истоков появления человека на Земле. Какой же была сама Земля, точнее, природа того времени? Особый интерес для нас сейчас представляет состояние природных условий в эпоху, когда стали выделяться древнейшие представители рода *Номо* - *Номо habilis*, т.е. около 2,5- 3 млн. лет назад.

Около тех миллионов лет назад появились первые признаки оледенения высоких широт Северного полушария. Похолодание Земли в кайнозое было общепланетарным. 2,5—2,2 млн. лет назад Северный полярный бассейн покрылся морскими льдами, а айсберги распространились до Северной Атлантики. Появление оледенений в Северном полушарии означало развитие принципиально нового состояния природной оболочки Земли. Заканчивается этап асимметричного развития полярного оледенения. С опозданием, по крайней мере, на 15 млн. лет процессы оледенения стали развиваться не только у Южного полюса, но и у Северного. Температуры января в эту эпоху были на 15—20°, а июля — на 3—5° ниже современных. Существенно изменился растительный покров. Видовой состав лесных экосистем обедняется и сокращается их площадь. Леса отступают далеко на юг от берегов Северного моря. В Средиземноморье распространились степные сообщества. Процессы смены ландшафтов шли и в тех пространствах, где обнаружены остатки гоминид.

Этому времени на фоне всеобщего похолодания даже в низких широтах соответствующим образом изменились условия, чем в предшествующее время и чем сегодня. Время наиболее сильной аридизации в этих широтах сказалось не только на растительности, но и на животных. Среди млекопитающих встречаются в основном представители сухих степей и саванн, распространяются антилопы, преобладают чисто травоядные формы кабанов.

Экологический сдвиг в позднем плиоцене — это новый эволюционный рубеж. Еще более мощная аридизация и похолодание требуют дальнейших приспособлений к открытым пространствам: более постоянное использование нетрадиционной пищи, прежде всего мясной, требует ловкости в движениях, быстрых перемещений и, самое главное, использования орудий для охоты и разделки туш. Более приспособленным оказался *Homo habilis* — человек умелый, нежели австралопитек.

Сдвиг в состоянии природы 6,5—5 млн. лет назад и 3—2 млн. лет назад происходил в следующем направлении: резкое похолодание в высоких широтах вызывало аридизацию, в низких — образование пустынь, осушение климата. Достаточно очевидны причинно-следственные связи между коренной сменой ландшафтной обстановки, устойчивой и крупномасштабной в пространстве, и биологическим изменением вида. Вспомним, что существенные экологические изменения оставляют особям в популяции три варианта выбора.

Первый — мигрировать в те районы, где существуют (сохраняются) природные условия, более или менее подобные тем, к которым организм был приспособлен.

Второй — вымирание организмов, не способных ни к миграции, ни к адаптации; подобная участь постигла некоторых гоминид.

Третий вариант — эволюция: активизация некоторых свойств, таящихся в особях популяции, развитие тех навыков, которые позволяют приспособиться к новым природным условиям.

Человекообразные обезьяны жили преимущественно в лесах, тогда как последующие формы, положившие начало гоминидам, тяготели к открытым саванно-степным пространствам. Следовательно, и места их обитания, и ресурсные источники у человекообразных обезьян и у последующих форм были различны, и между ними не возникало конкурентной борьбы. Последующие группы — австралопитеки и гоминиды — охотно осваивали открытые пространства. Естественно, что в этом случае более приспособленные к условиям обитания и более высоко социально организованные группы вытесняли предшественников, иногда путем прямой охоты. Согласно имеющимся данным, *Homo habilis*, например, охотились на австралопитеков.

Тяготение к открытым, степным пространствам — тенденция, которая будет сопровождать человечество на протяжении всей его истории с нарастающей силой. Приведем лишь один пример. В межледниковую эпоху позднего плейстоцена, когда на Русской равнине росли леса, а климат был мягким, стоянки первобытного человека были крайне редки. Затем, когда наступило оледенение, леса исчезли, а климат стал весьма суров, первобытные люди широко расселились по всей территории. Дело, конечно, не в эстетических вкусах человека. Первобытный человек был прежде всего охотником, и открытые пространства с огромными стадами диких животных были для него более продуктивными, чем лесные территории. Та же тенденция сохранилась и в последующее время, включая эпохи цивилизаций. Человек начал уже по собственной инициативе, т. е. искусственно, сводить леса, так как пищевая продуктивность открытых пространств значительно выше. Таким образом, человек, с точки зрения оптимального удовлетворения пищевыми ресурсами, всегда являлся, условно говоря, существом открытых пространств. Плотность населения здесь всегда выше, чем в лесных районах. Однако из сказанного никак не следует делать вывода о том, что человек в прошлом только «обходил» леса. При резких колебаниях климата в четвертичное время в одних

и тех же районах неоднократно лесные условия сменялись степными. Одни группы предпочитали мигрировать, другие приспосабливались к новому ландшафту.

На территории Африки теперь известно уже около 100 месторождений древнейших предков человека. Наиболее древнее из них лежит юго-западнее Озера Рудольф (Кения). Ученые относят его к эпохе, отстоящей от нас почти на 5,5 млн. лет.

В слоях почвы, где находились останки презинджантропа, были найдены также грубые орудия труда из расколотой речной гальки, заостренной при помощи нескольких сколов. Установлено, что они, несомненно, использовались презинджантропом.

БЕЗ ТРУДА НЕ СТАНЕШЬ ЧЕЛОВЕКОМ

В науке много раз обсуждался вопрос о времени возникновения труда у предков современного человека. Некоторые ученые не считали труд отличительной чертой человеческого существа. Они полагали, что коренное отличие человека от животных определяется более высоким уровнем психического развития. Никто, конечно, не отрицает такого отличительного признака, но при этом не следует забывать, что высокий уровень человеческого сознания — прямой результат развития трудовой деятельности.

Еще Геккель в своей книге «Естественная история и сотворение мира» (1868) указывал на то, что в ходе эволюции между обезьяной и человеком должно было существовать какое-то переходное звено, обладавшее как человеческими, так и обезьяньими признаками. Это недостающее звено он назвал *питекантропом* (обезьяночеловеком). В конце прошлого века многие ученые стали искать это „недостающее звено". Голландский антрополог Э. Дюбуа в 1891 году нашел на острове Ява на глубине 15 метров коренной зуб и черепную крышку, а спустя год — еще два фрагмента скелета человекоподобного существа. В 1894 году Дюбуа опубликовал описание своего открытия, которое назвал «питекантропом с острова Ява». Через несколько десятков лет (с 1936 по 1939 год) на той же Яве были обнаружены еще несколько останков обезьяночеловека, а рядом с ними — грубые каменные орудия, в том числе одно, напоминающее ручное рубило.

Установлено, что питекантроп был значительно крупнее австралопитека: его рост не менее 170 сантиметров, объем мозга — 850—900 кубических сантиметров. Вспомним для сравнения, что объем мозга современных человекообразных обезьян равен 600, а человека — примерно 1400—1600 кубическим сантиметрам. Таким образом, питекантропа можно считать переходным звеном от обезьяны к человеку. Он жил на Земле 500—800 тысяч лет тому назад.

Прекрасным подтверждением этого вывода оказалась находка в 20-х годах XX в. в Китае останков древнего человека, названного *синантропом* (*китайский человек*). Он жил приблизительно в то же время, что и питекантроп, а объем его мозга был несколько больше.

Рядом с останками синантропов обнаружены разнообразные орудия труда, изготовленные из кварца, кварцита, кремниевой гальки, из оленьего рога и трубчатых костей. В пищу синантропы употребляли мясо около 70 видов млекопитающих. Раскопки свидетельствуют, что мясо синантропы уже поджаривали на огне. Некоторые черепа животных оказались обработанными и напоминают сосуды.

Огромным достижением синантропов явилось систематическое использование огня для обогрева и приготовления пищи. Это доказывается тем, что в одной из пещер слой золы от кострища достигал толщины 7 метров. Добывать огонь, вероятнее всего, эти предки человека еще не умели. Костер в пещере горел, по-видимому, непрерывно, а для разжигания его синантропы могли использовать, например, огонь лесных пожаров, возникших от удара молнии. Речи синантропы, как и питекантропы, еще не знали. Они, наверное, способны были издавать различные звуки, а может быть, могли различать и звуковые интонации. Уровень организации их общества был стадный. Это, по существу, самая древняя форма общественной жизни.

Следующий важнейший этап в эволюции человека — *неандерталец*, названный так по месту первой находки останков этого предка человека. История находки его такова.

В Западной Германии, близ впадения в Рейн реки Дюссель, есть долина Неандерталь. В 1856 году здесь начали разрабатывать известковый карьер и при этом наткнулись на пещеру. В ней рабочие обнаружили 14 частей скелета человека, но не обратили на них внимания и выбросили все кости в долину. Местный учитель И. К. Фюльрот собрал их и в следующем году выступил на съезде естествоиспытателей и врачей в Бонне с предположением о том, что это останки вымершего типа человека. Его сообщение произвело тогда потрясающее впечатление, так как по самой своей сути ставило под сомнение религиозную догму о божественном творении человека, то есть о том, что бог создал его по своему образу и подобию и с тех пор вид людей не мог измениться.

Шли годы. Учение Ч. Дарвина получало признание все большего числа ученых. К этому времени подоспели и новые находки останков человекоподобных. В 1887 году в Бельгии, в пещере Бек-о-Рош Пюид, были найдены останки двух скелетов, схожих с человеческим, а вместе с ними много кремневых орудий и костей мамонта, пещерного медведя, шерстистого носорога и других животных. Кости скелетов, особенно черепа, были очень похожи на кости человека из Неандерталья. Так ученым стало ясно, что неандерталец и в самом деле один из древних предков современного человека.

К настоящему времени останки неандертальцев найдены во многих частях Старого Света — в Германии, Бельгии, Франции, Хорватии, Англии, Чехии, Испании, России, а также в Африке, на Яве и в других местах.

Изучение останков неандертальцев и их орудий труда показывает, что по уровню организации они стояли значительно ниже современных людей. Самые заметные различия обнаруживаются в строении и форме черепа. У неандертальца лоб, например, был очень покатый, надбровные дуги сильно развиты, черепная коробка низкая, подбородок лишен выступа. Зато отличие от питекантропа разительное. Мозг неандертальца по объему уже почти приближался к мозгу человека разумного. Левая лобная доля у него несколько больше правой. Отмеченная деталь говорит о том, что неандерталец был правой, как и современный человек. Вообще лобные доли черепа у неандертальцев гораздо больше, чем у других предшественников человека. Это как раз и свидетельствует об относительно более развитых умственных способностях, правда в сравнении с человеком еще довольно ограниченных. Но они компенсировались хорошо развитыми анализаторами органов чувств, о чем свидетельствует расширение затылочных, теменных и височных долей.

Неандерталец еще не обладал развитой четкой речью. Вероятнее всего, он только-только начинал осваивать ее. Неандертальцы создали свою своеобразную культуру — так называемую мустьерскую культуру каменного века (150—40 тысяч лет назад).

В период великих оледенений неандертальцы, чтобы спастись от холода и свирепых хищников, часто селились в пещерах. Они умели изготавливать уже довольно хорошо отделанные орудия из кремня, кости и дерева, охотились на таких больших и сильных животных, как мамонты и пещерные медведи. Вполне возможно, что они уже научились добывать огонь и использовать шкуры животных как одежду.

К концу мустьерского времени неандертальцы уже расселились на обширных пространствах Европы, Азии и Африки. В некоторых же местах они достигли даже Полярного круга. Очевидно, суровый климат не пугал их.

Постепенно неандертальцы исчезали с лица Земли. Некоторые из их видов вымерли. Процесс становления современного человека, очевидно, в большой степени связан с приспособлением к разнообразным изменениям климата, происходившим в те эпохи на Земле. Выживали те виды существ, которые могли лучше приспособиться к жизни в суровых условиях планеты, те, кто был в состоянии формировать подлинное человеческое общество, преодолевать дикие инстинкты, совершенствовать орудия труда.

КРОМАНЬОНЕЦ: ЧЕМ ХУЖЕ, ТЕМ ЛУЧШЕ, ИЛИ КАК СТАТЬ ЧЕЛОВЕКОМ

Прошли многие и многие десятки тысяч лет, прежде чем на нашей планете

окончательно воцарился современный человек, *Homo sapiens* (человек разумный), как его именуют в науке. По месту первой находки его называли *кроманьонцем* (1868 год, пещера Кро-Маньон во Франции).

Это были крупные люди - высотой до 180 сантиметров, с объемом черепа до 1600 кубических сантиметров. Жили они примерно от 50 до 15 тысяч лет назад. По своему внешнему виду кроманьонцы заметно отличались от неандертальцев: лоб прямой, вместо надглазного валика — надбровные дуги, явно выраженный подбородочный выступ. Это уже облик современного человека. Они изготавливали разные орудия из камня, кости и рога, в том числе составные орудия, что свидетельствует о значительном прогрессе в этой области.

Широкое распространение кроманьонца начинается со времени 45-50 тысяч лет. В этот период произошло замыкание цепи в развитии человека: освобождение руки – трудовая деятельность – развитие мозга – освобождение кожи от шерсти. Наиболее существенным в становлении человека явилась его общественно-трудовая деятельность. Тем не менее нельзя игнорировать еще и ряд других факторов, оказавших влияние на развитие человека за эти 50 тысяч лет. В этот период происходит очередная инверсия геомагнитного поля. Начиная с этого времени, человек приобретает все больше гомосапиентных черт и в его развитии происходит ряд революционных скачков, что подтверждается многими находками в регионах, где шло становление человека: Западная, Центральная и Восточная Европа, Сибирь, Средняя и Передняя Азия, Дальний Восток, Африка, Микронезия. Подтверждением такого скачка могут служить произведения искусства, оставленные человеком. Так, самые древние наскальные изображения имеют возраст 40 тысяч лет.

На дальнейшем пути развития человека произошло еще 4 инверсии геомагнитного поля примерно 24000, 13000, 9500 и 5000 лет назад. Первая из них относится к интервалу 19-31 тысяча лет. В рассматриваемый период произошла вспышка сверхновой звезды на расстоянии около 80 световых лет. Возраст ее оценить трудно, но можно грубо принять равным около 20 тысяч лет. Следует распространять на интервал 19-31 тысяча лет назад. Таким образом инверсия, по всей видимости, и обусловлена вспышкой звезды, произошедшей 31 тысячу лет назад. На биосферу и человека при этом прежде всего подействовало излучение вспышки, приведшее к инверсии геомагнитного поля и исчезновению на время магнитного экрана планеты. В этот период на биосферу Земли стало действовать и космическое излучение, не встречающее сопротивление магнитосферы. Все вместе взятое привело к дальнейшему совершенствованию кроманьонца и полному исчезновению неандертальца. Этот вид человека по данным современной антропологии, оказался недостаточно приспособленным к социальной жизни в связи с его явной агрессивностью, обусловленной слабо развитыми мозговыми центрами, которые не обеспечили ему сдерживающую роль при общении. Кроманьонцы

же благодаря своей социальной организации смогли разрешить противоречия, стоящие перед человеком того периода.

С рассматриваемым периодом связан повсеместный расцвет первобытного искусства. Появляются первые примитивные статуэтки (Франция, Сибирь), «картинные галереи» (Европа).

В этот период происходит самое мощное континентальное оледенение на Земле. Уровень океана снизился на 120 м, ледяные поля покрыли огромную территорию планеты. Затем ледник стал таять и вслед за его отступлением стал расселяться человек. Общее количество населения в этот период на Земле достигает 5 миллионов человек.

Следующая инверсия геомагнитного поля произошла 12 тысяч лет тому назад, когда происходит новая вспышка сверхновой звезды. В это время случилось много землетрясений и извержений вулканов, численность населения сокращается в 10 раз. Однако для человечества это становится временем перехода от кочевого к оседлому образу жизни. Тогда же были придуманы лук и стрелы, рыболовные сети и крючки. Возникают первые города на Земле.

Далее (7-8 тысяч лет тому назад) происходит следующая вспышка сверхновой. Возможно, эта сверхновая звезда и есть «второе Солнце» шумеров, записи о которой есть в клинописных табличках этого древнего народа.

Следующая вспышка произошла приблизительно 6-4 тысячи лет до нашей эры. Переход от мезолита к неолиту и энеолиту (медного века) и возникновению первых цивилизаций - созданию городов в Малой Азии, на Ближнем Востоке, в Египте. Человек начал интенсивно заниматься земледелием и скотоводством, овладел зачатками математики, достиг успехов в медицине.

Этот период в истории планеты соответствует климатическому оптимуму голоцена. Установился мягкий, теплый и влажный климат, способствовавший развитию материальной культуры человеческого общества. Происходит переселение народов, нашествие варварских племен в указанные регионы. Это имело место в Палестине и Египте в период от 6 до 4,5 тысячи лет до нашей эры, на Кипре и в Северной Месопотамии в период от 5 до 3,4 тысячи лет до нашей эры и в других местах. Исчезают многочисленные поселки и даже города с населением в несколько тысяч человек. Это привело к резкому сокращению населения на Земле. В итоге произошел новый скачок в развитии духовной культуры человека. Наблюдается дальнейшее развитие идеографии (человек начал делать довольно сложные записи) и картографии (человек начал наносить свои маршруты на кору, дерево или кожу). В изобразительном искусстве появляется упрощенность и стилизация, развивается декоративное искусство (разрисовка предметов обихода — оружия, утвари, одежды), возникает прядение и ткачество, широко распространяется гончарное дело с обжигом изделий из глины.

Последняя инверсия геомагнитного поля (3,2-2,9 тысячи лет до нашей эры) привела к великому переселению народов. Тур Хейердал считает, что в этот период древние народы, обосновавшиеся на западном побережье Африки, на морских судах переселились в Южную Америку – на территорию современной Бразилии. Для подтверждения своей точки зрения Тур Хейердал приводит свыше 40 аргументов.

Тур Хейердал обращает внимание исследователей еще на один факт. У мексиканского народа майя зафиксирована дата 12 августа 3113 г. до н. э., положенная в основу «нового» календаря майя. Ученый предполагает, что в это время произошла всемирная катастрофа, после которой начала новый период развития человечества: возникают мощные цивилизации в Египте, Месопотамии, древней Индии и Крита, строятся города и пирамиды, происходит переход от медного к бронзовому веку. Тур Хейердал полагает, что существовал общий центр цивилизации всех народов, а после катастрофы 3113 г. до н. э. люди вынуждены были расселяться в Египет, Индию, Крит, Мексику и т.д. Предлагается считать дату 12 августа 3113 г. до н.э. началом летоисчисления всей современной истории, так как шумерская, критская и египетская цивилизации положили начало древнегреческой цивилизации, далее древнеримской и другим.

Таким образом, многие ученые считают, что в периоды инверсий геомагнитного поля происходили наиболее резкие передомы развития биосферы и человеческого общества.

Существенные сдвиги в состоянии природной среды играли роль ускорителей в мобилизации тех возможностей и способностей, к развитию которых организм был уже подготовлен. Причем ускоряющими свойствами, по-видимому, «обладали» только коренные изменения природной среды или, как принято говорить в палеогеографии, природные сдвиги с большой амплитудой колебаний. Эволюция человека — длительный по времени процесс, связанный с глобальными изменениями природной среды. Коренные преобразования среды техногенного происхождения могут непредсказуемо повлиять на человеческий род и все видовое биологическое разнообразие биосферы.

При обсуждении проблемы происхождения человека и его древнейших предков возникает еще один вопрос: как произошли человеческие расы? Как известно, христианская религия на это отвечала довольно просто: расы и народы, мол, произошли от трех сыновей Ноя — Сима, Хама и Иафета. «От них распространились народы по земле после потопа» (Быт. 10:32).

Многочисленные исследования различных ученых показали, что этапы, которые человек проходил в своем развитии, едины для любой части нашей планеты. Расовые различия в том виде, в каком мы их видим сейчас, образовались сравнительно поздно. Они появились лишь у человека современного вида, в эпоху верхнего палеолита.

Многие считают, что появление различных рас объясняется своеобразными условиями природной среды. Как уже говорилось, условия обитания формировавшегося человека весьма значительно отличались друг от друга. Позднее, когда сложился тип современного человека, умевшего лучше защищаться от неблагоприятных воздействий внешней среды, влияние ее на человека ослабло, однако все еще продолжало сохраняться. Ведь и сейчас, например, если человек постоянно живет на юге, пигментация кожи у него отличается от пигментации кожи людей той же расы, но живущих на севере.

На заре человеческой истории удаленные друг от друга на большие расстояния отдельные группы людей почти не общались друг с другом. В результате у изолированных групп людей признаки, сложившиеся под влиянием природных условий (например, более темный цвет кожи под жарким солнцем), начинали закрепляться в потомстве, становились все более явными в данной группе. Процесс этот был очень длительным.

В ходе дальнейшей человеческой истории люди с различными внешними признаками много раз смешивались. И сегодня можно уверенно сказать: на Земле нет чистых рас. Деление на них крайне условно, человечество едино по своему происхождению и по своей природе.

Поэтому совершенно лишены каких-либо научных оснований разного рода расистские измышления о якобы существующем биологическом неравенстве различных народов. Сравнительно-анатомические исследования убедительно доказали полное сходство всех человеческих рас. Мало общего с наукой имеют и рассуждения о происхождении различных рас от разных групп древних людей или различных подвидов более ранних предшественников человека: ведь останки древних людей были обнаружены не только в Азии, но и в Африке, а неандертальцы — почти на всех материках Старого Света.

Итак, многолетние находки и исследования ученых убедительно показывают, что человек вовсе не божье создание, а вышел и развился из животного мира Земли, биологически тесно с ним связан, является продуктом его эволюции. В ходе этого процесса, длившегося многие миллионы лет, одни формы наших предков сменялись другими, более высокоорганизованными. Некоторые из них вымирали, другие продолжали развиваться в главном направлении — по пути к современному человеку. Научная концепция происхождения человека нанесла сокрушительный удар по религиозным мифам о происхождении человека.

ГЛАВА 3 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ И ВЫЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Мы узнаем какая температура и какое давление являются оптимальным для существования людей, каким воздухом можно дышать, какую воду лучше пить, опасна ли почвы, а также кое-что о том, какие продукты можно есть.

Исходными базовыми посылками для развития науки экологии служат физико-химические параметры среды, благоприятные для жизнедеятельности и воспроизводства живых организмов человека. Важнейшими среди этих параметров являются температура, свет, тяготение, состав и давление атмосферы, состояние гидросферы, радиоактивность и некоторые другие.

Температура. Температурные пределы активной жизнедеятельности связаны с энергетикой биохимических реакций, скорость которых зависит от некоторых температурных оптимумов. Верхним пределом жизни, как это видно из табл. 3.1, являются температуры 50-60°C, при которых разрушаются ферменты и свертываются белки. Однако известны водоросли, произрастающие в горячих источниках Камчатки и Северной Америки при 70-82°C, в источниках Калифорнии при 52°C живет рыба *Cyprinodon macularius*...

Ряд бактерий выживает при температуре жидкого водорода, гелия и воздуха. Даже некоторые высшие растения и насекомые переносят температуры, близкие к абсолютному нулю (-273°C).

Таблица 3.1

Температурный диапазон активной жизни на Земле, °C

Среда жизни	Максимум	Минимум	Амплитуда
Суша	55	-70	125
Море	35,6	-3,3	~ 40
Пресные воды	90	0	90

Люди предпочитают жить в областях, где средняя годовая температура лежит в пределах 4-27°C. Население мира обитает в районах, где средняя годовая температура заключена между 0 и 30°C. Именно с этим интервалом температур связаны оптимальные условия для жизнедеятельности не только человека, но и домашних животных, растительности и в том числе сельскохозяйственных культур. Следует полагать, что этими же температурами характеризуются территории на поверхности земли, где в оптимальном соотношении находятся запасы воды, влажность, распределение осадков, качество почв, запасы энергии, высота, рельеф местности и т.д.

Свет. Видимые лучи составляют примерно половину всей поступающей на Землю лучистой энергии Солнца. Остальные 50% приходятся на долю невидимых инфракрасных лучей (49%) и ультрафиолетовых (около 1%). Инфракрасное или

тепловое излучение используется всеми организмами. Действие ультрафиолетового излучения несколько другое: лучи с длиной волны 0,25-0,30 мкм стимулируют образование в организме животных витамина D, с длиной волны 0,20-0,30 мкм губительны для микроорганизмов, а с длиной 0,38-0,40 мкм обладают способностью к фотосинтезу.

Часть видимого человеческим глазом электромагнитного спектра, которую мы называем светом, заключена в пределах длин волн 380-760 мкм. Внутри этого диапазона заключен также диапазон зрения и ориентации животных, чувствительность растений к свету, а также фотосинтез всех типов. Нижний и верхний пределы фотосинтеза примерно составляют 0,02 и 30 люмен/см², самые высокие темпы роста земных растений соответствуют промежуточным уровням освещенности. Человек может ориентироваться при освещенности 10⁹ люмен/см², непереносимой для него является освещенность около 50 люмен/см².

Тяготение. Многочисленными экспериментами установлено, что оптимальные условия для жизнедеятельности связаны с интервалом 1-1,5 g.

Состав и давление атмосферы. Общие данные о составе атмосферы приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Состав сухого атмосферного воздуха

Газ	Содержание		Газ	Содержание	
	% по объему	% по массе		% по объему	% по массе
N ₂	78,09	75,50	Kr	1.1·10 ⁻⁴	2,94·10 ⁻⁴
O ₂	20,95	23,10	H ₂	5·10 ⁻⁵	3,5·10 ⁻⁶
Ar	0,932	1,256	N ₂ O	5·10 ⁻⁵	7,6·10 ⁻⁵
CO ₂	0,030	0,046	He	8·10 ⁻⁶	3,61·10 ⁻⁶
Ne	1,810 ⁻³	1,310 ⁻³	O ₃	2·10 ⁻⁶	3,3·10 ⁻⁶
He	4,6 10 ⁻⁴	7,210 ⁻⁵	Rn	6·10 ⁻¹⁸	4,5·10 ⁻¹⁷

*Примечание: Содержание водяных паров в воздухе от 0,1 до 2,8% по объему.

Давление в Паскалях (кПа) определяется по формуле:

$$P = \frac{1,293P}{(1 + 0,00367t)101,325}$$

Обнаружена высокая устойчивость низших форм жизни. Так, споры бактерий, конидий и мицелий грибов сохраняют жизнеспособность в условиях высокого вакуума, от 10⁻¹³-10⁻¹¹ мм рт. ст. (для сравнения — вакуум космического пространства 10⁻¹⁶ мм рт. ст.).

Вблизи земной поверхности полное барометрическое давление составляет 760 мм Hg (1,0334 кг/см²), при давлениях ниже 107 мм Hg (примерно 0,145 кг/см²)

наблюдались случаи выделения газа из внутриклеточных жидкостей и крови человека.

Парциальное давление вдыхаемого кислорода заключено между крайними предельными значениями: нижний предел, ниже которого наступает гипоксия ($p_{O_2}=60$ мм Hg), и верхний, выше которого наступает кислородное отравление ($p_{O_2}=400$ мм Hg). На уровне моря $p_{O_2}=149$ мм Hg. Нормальная концентрация углекислого газа в атмосфере, составляет 0,03% , что эквивалентно парциальному давлению 0,21 мм Hg. Минимально допустимая концентрация CO_2 для поддержания жизни растений 0,05-0,10 мм Hg.

Особое значение для процессов жизнедеятельности имеет влажность воздуха. Различают абсолютную влажность (количество пара воды в граммах на 1 м³ воздуха) и относительную. Их соотношение устанавливается по формуле:

$$r = \frac{p}{p_s} 100$$

где r — относительная влажность, %; p и p_s — соответственно абсолютная и максимальная влажность при данной температуре, г/м³. Для организмов чрезвычайное значение имеет величина дефицита насыщения воздуха водяными парами:

$$d = p_s - p.$$

При разных температурах дефицит насыщения неодинаков при одной и той же влажности.

Вода. *Живое вещество*. Подсчитано, что весь кислород атмосферы оборачивается через живое вещество (связываясь при дыхании и выделяясь при фотосинтезе) за 2 тыс. лет, углекислый газ за 300 лет, а вся вода Земли разлагается и воссоздается путем дыхания и фотосинтеза за 2 млн лет.

Определенное и постоянное содержание воды в живом организме необходимое условие его существования. Суточная потребность в воде для взрослого человека 35—40 г на 1 кг массы тела, с питьем и пищей потребляется 2,5-3 л воды в сутки (0,9-1,1 м³ в год, 64-77 м³ за 70 лет жизни). Ежедневно взрослый человек теряет 2-2,5 л воды с выделениями и регулярно восполняет эти потери с питьем и пищей.

Весьма остро ощущаются нарушения водного баланса в организме: с потерей 1—1,5 л влаги появляется жажда, при обезвоживании на 6—8% человек впадает в полуобморочное состояние. При дефиците воды 10-12% и более наступает смерть в связи с общим нарушением обмена веществ, сгущением крови (в составе крови 92% воды) и остановкой сердца.

Соленость воды, пригодной для питья, обычно не превышает 0,5-1,5 г/кг (табл. 9), растения погибают при наличии в поливной воде солей более 2,5-4 г/кг. Классификация природных вод приводится в табл. 3.3.

Для обитателей водных бассейнов помимо температуры и освещенности чрезвычайно важен химический и газовый состав воды, обобщенным показателем которых в общем случае может рассматриваться рН водных растворов. Пресноводные бассейны с рН 3,7-4,7 считаются кислыми, 6,95-7,3 — нейтральными, с рН > 7,8 — щелочными. При рН < 5 наблюдается массовая гибель рыб, при рН > 10 погибает все живое.

Таблица 3.3

Классификация природных вод по общей минерализации

Вода	Характеристика ионного состава	Общая минерализация, мг/дм ³	Характер использования
Ультрапресная	Преимущественно гидрокарбонатная	<200	Преимущественно питьевое, техническое и коммунальное водоснабжение
Пресная	Преимущественно гидрокарбонатная	200—500	
С повышенной минерализацией	Гидрокарбонатно-сульфатная	500—1000	
Солоноватая и соленая	Сульфатно-хлоридная	300—10000	Разнообразный. Лечебные минеральные воды; извлечение редких и рассеянных элементов и пр.
С повышенной соленостью	Преимущественно хлоридная	10000—35000	
Переходная к рассолу	Хлоридная	35000—50000	
Рассолы	Хлоридная	50000—400000 и более	

Требования к температуре, свету, тяготению, составу атмосферы и гидросферы являются главным при характеристике условий жизни для человека, но существует еще множество требований более низкого порядка. Так, наряду с человеком и другими высшими формами жизни должны сосуществовать иные формы, поскольку именно с ними в конечном счете связано питание людей, продуцирование и существование кислорода в атмосфере. Скорости ветров должны быть умеренными (не более 23 м/сек), запыленность атмосферы не должна превышать $1,8 \cdot 10^9$ частиц/м³, а для пыли с высоким содержанием (более 50%) кремния — не более $1,8 \cdot 10^8$ частиц/м³.

Радиоактивность, или ионизирующая радиация, — из генетических соображений должна быть в пределах умеренной интенсивности. Желательно, чтобы доза фонового

стационарного облучения не превышала 1 рентген/год или приблизительно 0,02 бэр (биологический эквивалент рентгена) в неделю. Заметим, что средняя интенсивность естественной фоновой радиации на поверхности Земли составляет примерно 0,03 бэр, а для предприятий атомно-энергетического комплекса установлен стационарный переносимый уровень 0,1 бэр в неделю.

Обобщенная сводка некоторых жизненно необходимых для человека условий приведена в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Сводка жизненно необходимых условий *

Параметр среды обитания	Переносимый диапазон
Температура среднегодовая, °С среднесуточная, °С	0 - +30 -10 — +40
Освещенность, люмен/см ²	0,2—30
Сила тяжести, g	1,0—1,5
Состав атмосферы (парциальное давление на входе, мм рт. ст.)	
кислород	60—400
углекислый газ	0,05—7
гелий	0—61000 (?)
неон	0—3900 (?)
азот	10 (?) - 2330
аргон	0—1220
криптон	0—350
ксенон	0—160
ядовитые газы	незн. кол-ва
Водяной пар (парциальное давление, мм рт. ст.)	25 (функция температуры)
Другие характеристики	
открытые водоемы	присутствуют
местные формы жизни	присутствуют
допустимые скорости ветра	менее 23 м/сек
уровень запыленности	1,8·10 ⁸ —1,8·10 ⁹ частиц/м ³
естественная радиоактивность	желательно менее 1 рентген/год
выпадение метеоритов	(0,02 бэр/неделю)
вулканическая деятельность	умеренная
атмосферное электричество	

*С использованием материалов А.В. Кудельского

Физико-химическими и биологическими условиями среды жизнеобитания определяется характер и экстремумы нормирования допустимых изменений физических и геохимических параметров атмосферы, почв, гидросферы и биосферы. Экологические требования являются основополагающими при разработке и функционировании

технологий, а также мероприятий по охране природы и инженерно-экологических рекультивациях.

Нормирование допустимых уровней изменения природных условий осуществляется Государственной службой стандартов и справочных данных в соответствии с материалами специальных научных исследований. Некоторые из них, например по нормированию концентраций вредных химических веществ, приводятся нами в табл. 3.5—3.9, более широкий набор данных помещен в соответствующих нормативных документах и справочниках (см. список литературы: «Вредные химические вещества»).

Таблица 3.5

**Среднее содержание химических элементов дождевой воде
и атмосферном воздухе**

Элементы	Концентрация в дождевой воде, мкг/л	Концентрация в атмосферном воздухе, мкг/м ³	Элементы	Концентрация в дождевой воде, мкг/л	Концентрация в атмосферном воздухе, мкг/м ³
Na	2300	800,0	Br	17,0	27,1
Al	160	260,0	Rb'	0,67	1,04
Cl	4100	1750,0	Ca	<17,7	<5,0
Ca	<1100	520,0	In ¹	<0,59	0,3
Sc	0,042	0,059	Sb	1,8	1,6
V	4,1	8,0	I	<2,5	<2,2
Cr	2,4	2,4	Cr ¹	0,17	0,16
Mn	8,1	10,5	La.'	<0,3	<0,5
Fe	200	230,0	Ce'	0,42	0,30
Co	0,25	0,32	W ¹	0,15	<0,86
Ni ¹	6	5,5	Au	0,01	<0,01
Si'	23	26,0	He	<0,2	<0,17
Zn	85	80,0	Pb'	39	87,0
As	1,6	2,5	Th ¹	0,12	0,13
Sc'	0,34	0,90			

Таблица 3.6

Выносимые человеком концентрации некоторых газов

Газ	Пороговые пределы (в миллионных долях объема при давлении 1 атм)
Аммиак NH ₄	100
Оксид углерода CO	100

Хлор Cl_2	1
Фтор F_2	0.1
Формальдегид HCHO	10
Хлористый водород HCl	5
Цианистый водород HCN	10
Сероводород H_2S	20
Метан CH_4	50 000
Двуокись азота $2\text{NO}_2=\text{N}_2\text{O}_4$	25
Окись азота N_2O	24 000
Озон O_3	0,1
Сернистый ангидрид SO_2	5

Таблица 3.7

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ
в воздухе населенных мест**

Вещество	ПДК, мг/м^3	
	максимальные разовые	среднесуточные
Акролеин	0,30	0,10
Амилацетат	0,10	0,10
Ацетон	0,35	0,35
Бензин (в пересчете на углерод)	5,00	1,50
Бензол	2,40	0,80
Бутилацетат	0,10	0,10
Винилацетат	0,20	0,20
Диметилформамид	0,30	0,30
Дихлорэтан	3,00	1,00
Марганец и его соединения	0,03	0,01
Метилацетат	0,07	0,07
Метиловый спирт	1,50	0,50
Мышьяк неорганических соединений, кроме AsH_3		0,003
Оксид азота (II)	0,30	0,10
Оксид углерода (II)	6,00	1,00
Пыль нетоксичная	0,50	0,15
Ртуть металлическая		0,0003
Сажа (копоть)	0,15	0,005

Свинец и его соединения (кроме тетраэтилсвинца)		0,0007
Серная кислота	0,30	0,10
Сернистый ангидрит (оксид серы (IV))	0,50	0,15
Сероводород	0,008	0,008
Сероуглерод	0,03	0,01
Стирол	0,003	0,003
Фенол	0,01	0,01
Формальдегид	0,035	0,012
Фосфорный ангидрит (оксид фосфора (V))	0,15	0,05
Фтористые соединения	0,03	0,01
Фурфурол	0,05	0,05
Хлор	0,10	0,03
Хлористый водород	0,05	0,015
Хлоропрен (2-хлорбутадиен-1,3)	0,25	0,08
Хром (Сг (VI) в пересчете на Cr_2O_3)	0,0015	
Этилацетат	0,10	0,10

Предельно допустимые концентрации CO_2 в воздухе жилых и общественных зданий составляют, г/м³

- помещение жилое - 1,86
- для кратковременного пребывания - 3,72
- для периодического пребывания (учреждения) - 2,32
- для детей и больных - 1,30

Таблица 3.8

**Предельно допустимые концентрации
некоторых углеводородов в атмосфере, % об.**

УВ	В рабочих зонах	В жилых зонах
CH_4	0,042	0,028
C_2H_4	0,022	0,015
C_3H_8	0,015	0,010

Таблица 3.9

Огнеопасные и взрывоопасные свойства газов в смеси с воздухом

Газ	Концентрационные пределы взрываемости, % по объему		Температура самовоспламенения, °С
	нижний	верхний	
Аммиак	15,0	28,0	650
Ацетилен	2,0	81,0	335
Бутан	1,5	8,5	406
Бутилен	1,6	9,4	384
Бромистый метил (метилбромид)	13,5	14,5	537
Водород	4,0	75,0	510
Изобутан	1,8	8,4	462
Изобутилен	1,8	8,9	465
Метан	4,9	16,0	537
Метиламин	4,9	20,7	430
Оксид углерода	12,5	75,0	610
Природный газ	5,0	16,0	537
Пропан	2,1	9,5	466
Пропилен	2,2	10,7	410
Сероводород	4,3	46,0	246
Триметиламин	2,0	11,6	190
Формальдегид	7,0	73,0	430
Хлористый метил (метилхлорид)	7,5	19,0	632
Хлористый этил (этилхлорид)	3,8	15,4	494
Циклопропан	2,4	10,5	498
Этан	2,9	15,0	472
Этилен	2,7	34,0	540

НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ***Гигиеническое нормирование загрязнений атмосферного воздуха***

В Республике Беларусь гигиеническое качество атмосферного воздуха на основе ПДК регламентируется следующими нормативными документами: санитарными правилами и нормами (СанПиН) 2.1.6.9.-18-2002 «Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных пунктов», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 30.12.2002 г. № 146; гигиеническими

нормативами (ГН) 1.1.9-23-2002 «Гигиенические критерии для обоснования необходимости разработки ПДК, ОБУВ (ОДУ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных пунктов, воде водных объектов», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 31.12.2002 г. №149.

Гигиеническими нормативами 2.1.6.12-6-2006 «Предельно допустимые концентрации микроорганизмов в атмосферном воздухе населенных мест», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 03.04.2006 г. №141

Гигиеническими нормативами «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 31.12.2008 г. № 23.

Нормативы качества воздуха

Нормативы качества воздуха по критерию их токсикологической опасности по отношению к состоянию здоровья и условиям жизни населения делятся на 4 класса. Вещества 1-го класса являются чрезвычайно опасными, 2-го – высокоопасными, 3-го – умеренно опасными, 4-го – малоопасными.

К нормативам, характеризующим вещества 1 класса относятся ПДК по : бенз[а]пирену (БП), оксиду пропилену, свинцу, хрому шестивалентному и др.

2-го класса опасности – диоксиду азота, серной кислоте, фенолу, хлору и формальдегиду,

3-го класса – диоксиду серы, ксилолу, неорганической пыли, н-бутиловому спирту, тулолу, этилену и оксиду этилена,

4 - го класса опасности – аммиаку, бутилацетату, бутилену, хлористому метилу, оксиду углерода и др.

Определение класса опасности вещества, а соответственно его ПДК, осуществляется на основе уровня его биологического воздействия на организм человека.

Класс опасности вещества и его норматив определяется в результате расчета интегрального показателя опасности вещества, значение которого варьирует в пределах от 0 до 1.

При интегральном показателе больше 0,72 вещества относятся к 1 классу опасности, от 0,72 до 0,55-2, от 0,55 до 0,38-3, менее 0,38 - к 4 классу опасности.

Согласно Закону Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», ПДК становятся государственными нормативами после их утверждения и публикуются в форме приложения к основным документам.

Норматив (ПДК) отражает безопасный для человека уровень содержания компонентов в атмосферном воздухе. На практике в нем одновременно присутствуют несколько веществ, наличие которых вызывает многокомпонентное загрязнение атмосферы. В качестве комплексного показателя степени загрязнения атмосферного воздуха часто используют индекс загрязнения атмосферы (ИЗА),

который рассчитывается для группы веществ. Для интегральной оценки уровня многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха различия в уровне биологического воздействия поллютантов учитывается путем приведения измеренных концентраций веществ 1, 2, 4-го классов к кратности превышения ПДК веществ 3 класса.

ИЗА учитывает комбинированное воздействие вредных веществ по типу их неполной суммы и их класс опасности:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n (C_i / ПДК_i)$$

где C_i - среднегодовая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе (приземном слое) над территорией для которой оценивается воздействие мг/м³;

ПДК_i - среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе;

a_i – безразмерная константа приведения 1-го вещества к веществам 3-его класса опасности.

Далее полученные количественные результаты ИЗА соотносят с уровнями качества воздуха, используя шкалу его загрязнений (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Уровень загрязнения воздуха по ИЗА

Величина показателя (ИЗА)	Уровень загрязнения
Менее 5	низкий
1,0-7,0	повышенный;
7,0-14,0	высокий *
более 14,0	очень высокий

При использовании ИЗА для сравнения уровня загрязнения воздуха для различных периодов времени или территорий его рассчитывают для одинакового количества одних и тех же веществ. В случае необходимости сравнения уровня загрязнения воздуха атмосферы, качественный состав которых идентичен, используют значения пяти единичных индексов ($C_i / ПДК_i$) для веществ, у которых эти значения превышают единицу.

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОД ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Централизованное водоснабжение

Под централизованной системой питьевого водоснабжения понимается комплекс устройств и сооружений для забора, обработки, хранения и подачи воды к местам расходования.

Для обеспечения населения централизованными источниками с качественной водой, разработана система нормативов, определяющих требования к источнику хозяйственно-питьевого водоснабжения, которые отражены в СанПиН 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения», СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» и ГН 2.5.1.8-127-2000 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-2000).

В нормативной части СанПиН 2.1.2.12-33-2005 приводится перечень обще санитарных или гигиенических показателей, определяющих эпидемическую безопасность питьевой воды на основе общих и санитарно-показательных нормативов. Нормирование последних основывается на санитарно-показательных микроорганизмах, принадлежащих группе кишечной палочки: содержание термотолерантных кишечных палочек (*Escherichia coli*), наличие которых является типичным признаком свежего фекального загрязнения и наличие общих кишечных палочек (*Escherichia coli communis*), служащих показателем органического загрязнения веществами антропогенного происхождения. Гретье показателем эпидемической безопасности воды - общее микробное число (норматив ОМЧ до 50 в 1 мл) - используется для контроля эффективности обработки воды на очистных сооружениях водопровода. В качестве косвенного санитарного показателя вод, являющегося индикатором ее вирусного загрязнения, используются колифаги-вирусы *Escherichia coli* (не должны содержаться в объеме 100 мл), а в паразитарном отношении - лямблии (отсутствие цист в объеме воды 50 л).

В число обще санитарных нормативов включены обобщенные показатели, определяющие как состав и свойства вод, так и эффективность работы очистных сооружений. Водородный показатель (рН) воды равен активности свободных ионов водорода и нормируется в пределах от 0,5 до 8,5 для вод поверхностного источника питьевого водоснабжения. Критериями определения минерализации являются показатель жесткости и сухой остаток. Жесткость воды характеризует суммарное содержание солей кальция и магния, и ее норматив составляет 7 миллимоль на литр. Сухой остаток-показатель содержания в питьевой воде неорганических соединений, нормативное значение которого до 1000 мг/дм³.

Вода источника питьевого водоснабжения часто содержит органические вещества, показателями косвенного присутствия которых в воде служат БПК ХПК. БПК- показатель, характеризующий содержание в воде нестабильных Органических веществ, трансформирующихся в водной среде путем гидролиза,

химического и биохимического окисления и других процессов. ХПК-тест-индикатор содержания органических веществ в воде при наличии сильного химического окислителя и низком уровне содержания молекулярного кислорода.

Для оперативного контроля качества питьевой воды определяют фенольный индекс - суммарное содержание в воде летучих фенольных соединений.

Согласно СанПиН, органолептические свойства питьевой воды регламентируются такими показателями, как запах, привкус, цветность и мутность. Запах воды оценивают по интенсивности (от очень слабого до очень сильного) и выражают в баллах. Привкус - это свойство воды, определяемое уровнем растворенных в воде солей, кислот, щелочей, органических веществ и газов. При этом нормативы по запаху и привкусу установлены на уровне до 2 баллов (по 5-балльной шкале). Цветность - окрашенность воды гуминовыми соединениями (норматив 20 градусов по платиново-кобальтовой шкале). Мутность - показатель, отражающий содержание тонкодисперсных взвешенных веществ (норматив до 2,6 мг/дм³).

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОД НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Нецентрализованное водоснабжение

Под нецентрализованной системой питьевого водоснабжения понимают устройства и сооружения для забора воды без ее подачи к местам расходования и открытые для пользования гражданами и юридических лиц.

При этом использование грунтовых вод, не защищенных от поверхностного загрязнения, осуществляется без предварительной водоподготовки. По-этому качество воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения регламентируется согласно нормативам СанПиН 2.1.4.12 - 23-2006]«Санитарная охрана и гигиенические требования к качеству источников не- централизованного питьевого водоснабжении населения» (табл. 3.11).

Структура нормативов, определяющих эпидемическую безопасность вод для нецентрализованных источников системы питьевого водоснабжения, практически идентична перечню, представленному в СанПиН 10-24 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству вод централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

В соответствии с СанПиН 10-113 РБ 99 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого водоснабжения», для охраны питьевого водозабора формируются три зоны санитарной охраны (ЗСО), которые подразделяются на три пояса с соответствующим режимом каждый.

Под ЗСО источника питьевого водоснабжения понимают специально выделенные территорию и акваторию, в которых устанавливаются специальные режимы хозяйственной и иной деятельности в целях охраны от загрязнения источника и водопроводных сооружений.

Таблица 3.11

Нормативы качества вод источников нецентрализованного питьевого водоснабжения

Показатели	Единицы измерения	Норматив
<i>Органолептические</i>		
Запах	Баллы	Не более 3
Привкус	Баллы	Не более 3
Цветность	Градусы	Не более 30
Мутность	ЕМФ (единицы мутности): по формазину по каолину	2,6-3,5 1.5-2,0
<i>Химические</i>		
Водородный показатель	рН	6,0-9,0
Жесткость общая	мг/дм ³	7-10
Сухой остаток	мг/дм ³	1000
Окисляемость перманганатная	м Ог/дм ³	Не более 7
Нитраты	мг/дм ³	Не более 45
Сульфаты	мг/дм ³	Не более 500
Хлориды	мг/дм ³	Не более 350
Химические вещества неорганической и органической природы	мг/дм ³	Не более ПДК
<i>Микробиологические</i>		
Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные (бактерии (КОЕ)	КОЕ в 100 мл	Отсутствие

Показатели	Единицы измерения	Норматив
Колифаги	БОЕ в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число (ОМЧ)	ОМЧ в 1 мл	Не более 100

1-й пояс ЗСО - это пояс строгого режима охраны, состоящий из поверхностного источника, включающего водную часть, окружающие водозаборные сооружения и береговую часть. Удаление береговой границы 1-го пояса от уреза воды составляет 100 м, для проточных водных объектов - вверх по течению - от 200 м, вниз - от 100 м.

Для защиты подземных вод от микробного загрязнения служит 2-ой пояс ЗСО, ограниченный контуром, от которого время движения загрязненного потока до водозабора соответствует периоду, в течение которого патогенные, бактерии и вирусы утрачивают свои свойства. Граница 2-го пояса определяется допустимым временем продвижения фронта микробного загрязнения которое соответствует 400 суткам -для

грунтовых и межпластовых безнапорных вод, и 200 суток - для межпластовых напорных вод.

3-й пояс ЗСО подземных источников водоснабжения защищает водозабор от микробного загрязнения. Его граница соответствует времени распространения микробного загрязнения, равного 9000 суток.

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ

В случае комплексного химического загрязнения почв веществами как неорганической, так и органической природы, уровень ее химического загрязнения, являющийся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения, определяется через коэффициент концентрации химического вещества (K_c) и суммарный показатель (Таблица 3.12)

Таблица 3.12

Уровень загрязнения почв по K_{C_i}

Величина показателя K_{C_i}	Уровень загрязнения
Менее 5	низкий
1.0-7.0	повышенный;
7,0-14.0	высокий *
более 14.0	очень высокий

Коэффициент концентрации химического вещества (K_{C_i}) в почве определяется отношением фактического содержания химического вещества (K_i) к его гигиеническому нормативу (ПДК_i):

$$K_{C_i} = K_i / \text{ПДК}_i$$

Суммарный показатель загрязнения почв (Z_c) равен сумме коэффициентов концентраций химических веществ загрязнителей и выражается формулой:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{C_i} - (n - 1),$$

n – число загрязняющих веществ.

Для определения категории загрязнения почв результаты расчета суммарного показателя загрязнения сравнивают с оценочной шкалой опасности загрязнения почв (табл. 3.13).

Таблица 3.13

**Шкала опасности загрязнения почв
по суммарному показателю загрязнения (Zc)**

Категория загрязнения почв	Величина суммарного показателя загрязнения (Zc)
допустимая	менее 16
умеренно опасная	16-32
опасная	32-128
чрезвычайно опасная	более 128

На практике для комплексной оценки химического загрязнения почв применяются показатели покомпонентного и интегрального анализа содержания химических веществ в почве.

НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Качество пищевых продуктов и экологические проблемы питания

Пищевые продукты - это сложные многокомпонентные смеси, состоящие из сотен химических соединений.

В состав пищевых продуктов входят три группы соединений:

1. Нутриенты - белки, жиры, углеводы, минеральные вещества и витамины, которые являются для организма источниками энергии и в тоже время обеспечивают процессы пищеварения и метаболизма.

2. Неалиментарные компоненты - соединения, формирующие определенные свойства пищевого продукта. Среди них различают:

- антиалиментарные факторы - вещества, препятствующие перевариванию или утилизации нутриентов;
- вредные химические вещества природного происхождения: постоянные компоненты натуральных продуктов или содержащиеся в продуктах при определенных условиях; микроэлементы в высоких концентрациях.

3. Ксенобиотики - токсичные, потенциально опасные вещества органической или неорганической природы.

Ксенобиотики можно разделить на три группы:

- естественного происхождения;
- образующиеся в организме при определенных условиях;
- поступающие в результате получения, обработки или хранения пищевых продуктов.

Третья группа ксенобиотиков называется чужеродными веществами (ЧВ). ЧВ - соединения, которые не присущи натуральному продукту, но могут быть в него добавлены с целью совершенствования технологии сохранения или улучшения его качества и пищевых свойств.

Медицинские аспекты действия ЧВ в пищевых продуктах на организм человека основаны на принципе гепатотоксичности, неблагоприятное проявление действия которого заключается в снижении функции пищеварения и статуса иммунной системы, повышении уровня общетоксического гонадотоксического (токсического воздействия на репродуктивные органы), эмбриотоксического (на эмбрион), тератогенного (на плод) и канцерогенного (на структуру клетки) эффектов.

Для профилактики медицинских последствий воздействия ЧВ на организм необходимо выявить пути их поступления через продукты питания.

Важнейшим путем поступления ЧВ является «пищевая цепь, через элементы которой поступает от 30 до 80 % соединений, проникающих из окружающей среды в организм человека и оказывающих на него вредное воздействие. При этом пищевое отравление людей ксенобиотиками достигает более 80 % от общего количества ЧВ, поступивших в организм.

Вредное воздействие на организм человека оказывают продукты питания, содержащие:

1. Запрещенные пищевые добавки (красители, консерванты, антиокислители), применяемые для ускорения технологических процессов;
2. Вещества, получаемые путем химического или микробиологического синтеза (белки, аминокислоты), технология производства которых не апробирована, или продукция, получаемая из некондиционного сырья;
3. Токсиканты, используемые в сельском хозяйстве (микроэлементы, пестициды, биостимуляторы), или поступающие при проведении ветеринарно-профилактических и терапевтических мероприятий на животноводческих и птицеводческих комплексах (антибиотики, антигельминтные препараты);
4. Вещества, поступающие при контакте с полимерными и другими материалами (загрязнители из посуды, тары, упаковочных материалов);
5. Соединения, образующиеся при всех видах кулинарной обработки (бенз[а]пирен, нитрозамины - при копчении; лизилаланин - при варке);
6. Вещества, поступающие из загрязненной окружающей среды (тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды и др.);
7. Вещества биологического происхождения (микотоксины - при развитии микроскопических грибов; бактериальные токсины) (табл. 3.14).

Таблица 3.14

Чужеродные вещества в продуктах питания

Группа ЧВ	Компоненты
Пищевые добавки	Консерванты, антиокислители, эмульгаторы и стабилизаторы, кислоты, щелочи, солее- и сахарозаменители, ароматизаторы, красители, ферментные препараты
Металлы и другие микроэлементы	Алюминий, кадмий, медь, мышьяк, никель, олово, ртуть, свинец, селен, сурьма, фтор, хром, цинк

Канцерогенные вещества	Бензол, бензедин, винилхлорид, бензапирен, ПАУ, нитросоединения, полихлорированные бинефилы, пестициды, мышьяк, кадмий, бериллий, никель
Нитрозосоединения	Нитрозомины: N – нитрозодиметиламин (НДМФ), N – нитрозодиэтиламин (НДЭА), N – нитрозодифениламин (НДФА)
Токсиканты, используемые в сельском хозяйстве	Нитраты, нитриты, металлы, азотосодержащие соединения, пестициды, ДДТ, гексахлорциклогексан, ртутьорганические пестициды
Радиоактивные изотопы	Свинец, технеций, полоний, радон, йод, цезий, стронций
Вещества, поступающие при контакте с полимерными и другими материалами	Медь, цинк, свинец, поливинилацетат, полистиролы, ионообменные смолы
Лекарственные препараты	Антибиотики, сульфамиламидные препараты, нитрофураны, гормоны

В современных условиях продукты питания постоянно загрязняются различными веществами, представляющими опасность для здоровья людей.

Нормирование содержания радионуклидов в пищевых продуктах

К «чужеродным веществам» в продуктах питания физического происхождения относят радиоактивные изотопы как естественного, так и искусственного генезиса. В продуктах питания варьирует от 2000 до 10000. Некоторые из них обладают выраженной канцерогенной активностью.

Для количественной оценки канцерогенной активности используют им. дек. относительной канцерогенной активности (ИОКА). Чем меньше значение ИОКА, тем выше канцерогенная активность продукта."

Однако часть ксенобиотиков антропогенного происхождения, содержащихся в продуктах питания, возникает при приготовлении пищи и обладает токсичным и мутагенным эффектом. К числу таких соединений относятся: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и гетероциклические амины (ГЦА).

К ПАУ относится бенз[а]пирен, образующийся при копчении продуктов и использовании гриля. ПДК бенз[а]пирена для мясных продуктов составляет 1 мкг/кг. Бенз[а]пирен обладает в отношении человека мутагенным и канцерогенным действием при ежедневном его потреблении более 3 мкг.

Национальным центром по изучению рака в Японии в конце 1970-х гг. установлено высококанцерогенное действие ПДА, возникающее в мясoproдуктах и рыбопродуктах при их нагревании в диапазоне от 150 до 250°C. В настоящее время известно около 20 разновидностей ГЦА. В структуре ГЦА, наибольшей опасностью обладают пять: пиридиндоламин (ПИА), метилфе-нилимидазолпиридиламин (МФИПА). При этом население, ежедневно употребляющее жареное мясо, аккумулирует в организме от 1 до 20 мкг ГЦА.

ГЦА являются проканцерогенами и с ними связывают возникновение, мутаций первичной структуры клетки ДНК, онкологических заболеваний кишечника и молочной железы. В связи с этим содержание ГЦА в пищевых продуктах нормируется.

Нормирование содержания пестицидов, хлорированных циклических и полихлорированных бифенилов, дибенздиоксинов и дибензфуранов, нитросоединений

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 26 декабря 2003 г. № 594 «О присоединении Республики Беларусь к Стокгольмской конвенции К стойких органических загрязнителях» (СОЗ), которые обладают токсичными свойствами, проявляют устойчивость к разложению, характеризуются биоаккумуляцией и являются объектом трансграничного переноса по воздуху, воде и мигрирующим видам, а также осаждаются на большом расстоянии от источника их выброса, накапливаясь в экосистемах суши и водных экосистемах, в Республике Беларусь нормируется их содержание в продуктах питания. К СОЗ относятся: гептахлор, гексахлорбензол, полихлорированные ди-фенилы (ПХД), ДДТ (1-1-1 трихлор - 2,2-бис (4-хлорфенил) этан), полихлорированные дибенздиоксины и дибензфураны (ПХДД/ПХДФ), гектахлорбензол, полихлорированные бифенилы (ПХБ). Согласно целям Стокгольмской Конвенции, первые три вида СОЗ подлежат ликвидации, ДДТ - ограничению исключительно для целей борьбы с переносчиками болезней, для ПХДД/ПХДФ, гектахлорбензола, ПХБ разрешено непреднамеренное производство с последующим контролем их содержания в продуктах питания животного и растительного происхождения.

Нормирование содержания пестицидов

Длительное время в сельском хозяйстве используются пестициды (pestis - зараза, с caedo- убивать) - химические вещества, предназначенные для уничтожения вредителей и болезней растений сорняков, вредителей запасов зерна и пищевых продуктов, эктопаразитов сельскохозяйственных животных.

При обработке сельскохозяйственных культур и животных, остаточные количества пестицидов могут сохраняться в продуктах питания и вместе с ними попадать в организм людей, вызывая отравления. Аккумуляция пестицидов в продуктах питания является причиной возникновения смертных случаев и хронических болезней, поражающих приблизительно 1 млн человек в год.

К числу наиболее токсичных пестицидов для организма человека содержащихся в различных продуктах питания относятся циклические соединения (ЦХОС), ПХБ, ПХДБД и др. ЦХОС являются контактными ядами, парализующими нервную систему. Самый известный представитель этой группы дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) инсектицид который применялся в овощеводстве, садоводстве, лесоводстве (табл. 3.15) его циркуляция в различных компонентах окружающей среда привела к глобальному распределению ДДТ не только в окружающей среде но и по всем типам трофических путей, включая продукты питания. С 1960-х гг. инсектицид запретили к применению в

западных индустриальных странах. В тоже время в африканских и азиатских государствах ДДТ по-прежнему используется для борьбы с малярией.

Таблица 3.15

Допустимые остаточные количества пестицидов в продуктах питания

Наименование продуктов	Допустимые остаточные количества, мг/кг				
	Гексахлорцикл огексан	ДДЕ и его метаболиты	2,4-Д кислота	Гексахлорбензол	Ртуть органические пестициды
Мясо и колбасные изделия	0,1	0,1	-	-	-
Молоко, сметана, кисломолочные продукты	0,05	0,05	-	-	-
Творог, сыры, молочные продукты	1,25	1,0	-	-	-
Рыба свежая и мороженная	0,2	0,2	0	-	-
Рыба сушеная и вяленая	0,2	0,4-2	-	-	-
Икра и молоки	0,2	2,0	-	-	-
Рыбная печень	1,0	3,0	-	-	-
Зерно, крупы	0,5	0,05	0	-	0
Мука	0,5	0,02-0,05	0	0,01	0
Мучные кондитерские изделия	0,2	0,02	-	-	-
Какао бобы и порошок	0,5	0,15	-	-	-
Мед натуральный	0,005	0,005	-	-	-
Картофель, зеленый горошек	0,1	0,1	-	-	-
Овощи, бахчевые, грибы	0,5	0,1	-	-	-
Фрукты и ягоды	0,05	0,1	-	-	-
Масло растительное	0,05-0,2	0,1-0,2	-	-	-
Масло коровье	1,25	1,0	-	-	-

«0» - уровень содержания,

«-» - значения не установлены.

Основными источниками поступления ДДТ в организм человека являются: молоко и его производные, мясо, рыба и яйца. Период полувыведения ДДТ - около 1 года. Воздействие ДДТ на организм человека проявляется в нарушении функции печени, репродуктивной системы и канцерогенезе.

К ПХБ относится группа из 209 хлорсодержащих соединений, которые с 1930 г. являются индикаторами загрязнения окружающей среды. Объем мирового производства ПХБ составляет 1,5 млн т. До 1970 г. основными производителями ПХБ были США и Япония. С 1977 г. ПХБ запрещены в Великобритании, с 1983 года - в ФРГ и Италии. Однако ПХБ производятся во Франции, Испании и Польше.

Основной источник поступления ПХБ для человека - пищевые продукты, содержащие жировые компоненты, аккумулирующиеся в печени при одновременном увеличении их токсичности.

Токсический эффект ПХБ проявляется в нарушении функции ЦНС, печени, угнетении иммунной системы, канцерогенном (генные и хромосомные мутации) и эмбриотоксическом эффекте.

Для предотвращения возникновения заболеваний, обусловленных аккумуляцией ПХБ в различных пищевых продуктах, их содержание нормируется. В морской рыбе допускается уровень содержания ПХБ до 0,1 мг/кг сырого веса, речной рыбе - 2,2 мг/кг сырого веса, злаковых - менее 0,01 мг/кг массы, молочных продуктах - 0,14 мг/кг жира, женском молоке - 1,4 мг/кг жира.

К классу ПХДБД и ПХДБФ относятся 210 соединений, из которых наибольшую токсикологическую опасность для человека представляют (2,3,7,8-тетрахлордифенилдиоксины (2,3,7,8-ТХДБД), поступающие с рыбой, мясом, молочными продуктами и яйцами.

Негативное воздействие ПХДБД для здоровья человека проявляется • угнетении иммунной системы, тератогенном (токсическом воздействии на плод) и канцерогенном эффектах.

Период полувыведения ПХДБФ составляет у человека от 5 до 7 лет. Наиболее высокие концентрации накапливаются в печени и жировой ткани. С 1991 г. ВОЗ установил допустимый уровень ПХДБФ - 0,01 мг/кг массы в день.

Нормирование содержания нитросоединений

Нитрозамины (НЗ) (N-нитрозодиметиламин (НДМА), M-нитрозопирролин (НПИР), N-нитрозодифениламин (НДФАА)) - высокотоксичные азотсодержащие вещества, наличие которых в продуктах питания вызывает канцерогенный эффект в отношении здоровья человека.

Пути их поступления в пищевые продукты: в результате синтеза азотсодержащих веществ из окружающей среды, при различных способах кулинарной обработки (варке, жарении, копчении и др.) и хранения продуктов.

К продуктам растительного происхождения, содержащим НЗ, относят свеклу, черную редьку и др. Среди продуктов животного происхождения НЗ содержатся в мясных изделиях, тогда как в свежем мясе они отсутствуют.

Частота выявления НЗ от общего объема протестированных продуктов составляет: в соленой рыбе - 21 %, жареной - 38, солено-вяленой - 83, в длительно хранящейся рыбе - 100 %. Кулинарная обработка рыбы методом копчения способствует накоплению НЗ до уровня 9-25 мкг/кг.

Наличие выраженных эффектов канцерогенного и токсического действия нитрозаминов на организм человека вызвали необходимость их нормирования в различных продуктах питания: мясе и мясных консервах - 0,002 мг/кг, рыбе свежей, мороженой и копченой - 0,003 мг/кг, колбасах копченых - 0,004 мг/кг, зерне, крупе и макаронных изделиях - 0,015 мг/кг, пиве и вине - 0,03 мг/кг.

Нормирование содержания металлов

Металлы, содержащиеся в избытке в продуктах питания, консервах, посуде часто являются причиной различных расстройств со стороны состояния здоровья человека. Восемь химических элементов (ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, медь, стронций, цинк и железо) объединенный комитет экспертов ФАО/ВОЗ включил в число компонентов, содержание которых нормируется и контролируется при международной торговле продуктами питания. Так как содержание токсинов в основных продуктах питания различно, то гигиенические нормативы для их отдельных групп не будут идентичными.

Нормирование содержания металлов в продуктах питания осуществляется на основании их физико-химических свойств, способности к миграции, содержании в компонентах окружающей среды и по «пищевым цепям», биологической доступности их форм для организма человека и наличия последствий, неблагоприятных для состояния здоровья и жизни человека. По указанной схеме охарактеризуем каждый из 8 вышеперечисленных металлов.

Ртуть относится к числу микроэлементов, постоянно присутствующих (организме человека. В то же время ее алкильные формы (метилртуть, этилртуть) отличаются высокой токсичностью для любых форм жизни и поступают в организм человека с продуктами питания растительного и животного происхождения, рыбой. При этом накопление неорганических соединений ртути пищеварительным трактом составляет 2-15 %, фенилртути - 50-80 и метилртути - 90-95 %. Причем все формы ртути преимущественно аккумулируются в почках, селезенке и печени.

Поступление ртути в организм отрицательно влияет на обмен пищевых [веществ (аскорбиновой кислоты, кальция, меди, цинка, железа, марганца, селена), биосинтез белков и нарушает функцию центральной нервной системы (ЦНС). Алкильные формы ртути дополнительно обладают гонадотоксическим, эмбриотоксическим и тератогенным эффектом.

Период полувыведения неорганических соединений ртути из организма (желудочно-кишечным трактом, почками, потовыми и молочными железами, легкими) составляет 40 суток, а органических - 76 суток.

Объединенный комитет экспертов ФАО/ВОЗ установил норматив поступления ртути в организм человека с продуктами питания от 0,3 мг в неделю до 0,05 мг в сутки, из которых доля метилртути не должна превышать 0,03 мг.

В Республике Беларусь, согласно СанПиНу 11-63 РБ 98, регламентируются нормы содержания ртути в основных пищевых продуктах: мясе и хлебе - 0,03 мг/кг, рыбе и рыбопродуктах - 0,3-1,0 мг/кг, овощах, фруктах, соках и напитках - 0,02 мг/кг.

Организм человека 80 % кадмия получает с продуктами питания. При этом ежедневное его поступление в рацион питания составляет 0,3-0,6 мг. Причем с мясными продуктами и птицей потребляется 39 % от общего объема поступления кадмия в организм, зерновыми - 22,8 %, картофелем и овощами - 29,2, фруктами 10,3, молочными продуктами - 7,7 %. Содержание кадмия в рационе питания резко возрастает при употреблении устриц, почек, печени и грибов.

Неблагоприятные последствия накопления кадмия для организма человека обусловлены длительным периодом его полувыведения (до 40 лет) и проявляются в форме острой интоксикации, нарушения фосфорно-кальциевого обмена, заболеваний кроветворной, выделительной и сердечно-сосудистой систем, онкологической патологии.

Установлено, что острые отравления кадмием возникают при его содержании в пищевых продуктах на уровне 14 мг/кг. Максимальная доза кадмита в пище, приводящая к летальному исходу - 150 мг/кг массы.

В связи с высоким уровнем токсического эффекта, оказываемого кадмием на здоровье человека, установлены нормы его содержания в основных пищевых продуктах: 0,05 мг/кг - в мясе и мясопродуктах, 0,2 мг/кг - в рыбе и рыбопродуктах, 0,1 мг/кг - в зерне и крупяных изделиях, 0,03 мг/кг - в молоке, овощах, фруктах, соках, напитках.

Уровень содержания **свинца** в организме человека варьирует в пределах 0,2-4 мг. Причем, 90 % от этого объема поступает с продуктами питания растительного происхождения. Биологический период полувыведения свинца из мягких тканей - 20 дней, а из костного аппарата - 20 лет.

Избыток содержания свинца в организме человека вызывает нарушения кроветворной функции, патологии эндокринной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной и нервной систем. Установлено наличие последствий мутагенного и канцерогенного характера, а также токсического эффекта в отношении эмбрионального развития плода.

Выявление неблагоприятных эффектов воздействия свинца на организм человека вызвало необходимость нормирования его содержания в основных продуктах питания: мясе и мясопродуктах - 0,5 мг/кг, рыбе и рыбопродуктах - 1,2 мг/кг, зерне, крупяных изделиях, фруктах, соках и напитках - 0,5 мг/кг, молоке - 0,1 мг/кг, овощах - 0,4 мг/кг.

Мышьяк - это микроэлемент в организме человека, участвующий в процессах окисления, нуклеинового обмена, синтеза гемоглобина. Физиологическая потребность организма человека в мышьяке варьирует от 0,01 до 0,03 мг в сутки. В больших концентрациях он обладает свойствами ядов высокой биологической активности.

Основными пищевыми источниками поступления мышьяка в организм человека являются: креветки (6,5 мг/кг), моллюски (5 мг/кг), крабы (4,38 мг/кг), омары (2,48 мг/кг), печень (2,0 мг/кг), яйца (1,4 мг/кг), говядина и свинина (0,005-0,05 мг/кг), молоко и кисломолочные продукты (0,005- 0,01 мг/кг).

В продуктах питания мышьяк может присутствовать в виде органических (метиларсенат и диметиларсенат) и неорганических соединений (арсенат и арсенит). При этом элементный мышьяк менее токсичен, чем его соединения.

Влияние неорганического мышьяка на организм человека проявляется в форме мутагенных и тератогенных эффектов. Механизм острого и подострого воздействия органических соединений мышьяка проявляется через «пищевую цепь» и последствия проявляются в форме заболеваний дыхательной, желудочно-кишечной, сердечно-сосудистой, нервной и кроветворной систем организма. Доза мышьяка в количестве 70-180 г является смертельной для человека.

Для предотвращения возникновения патологий, обусловленный избыточным содержанием мышьяка, разработаны нормативы его содержания в основных пищевых продуктах: мясе и мясопродуктах – 0,1 мг/кг, рыбе и рыбопродуктах – 1-5 мг/кг, зерне, крупяных изделиях, овощах, фруктах, соках и напитках – 0,2 мг/кг, молоке – 0,05 мг/кг.

Медь – микроэлемент в организме человека, суточная потребность в котором у взрослого человека составляет – 2-2,5 мг/кг, для детей – 0,8 мг/кг. Основная потребность в меди реализуется за счет употребления пищи.

Дефицит меди вызывает анемию, замедление физического развития детей, увеличивает частоту возникновения сердечно-сосудистых, неврологических и аутоиммунных заболеваний.

Механизм токсического действия избытка меди связан с блокадой белково-ферментативного обмена веществ в организме человека. В продукты питания медь поступает при их производстве или кулинарной обработке.

Наличие данных токсичности меди для здоровья человека вызвало необходимость нормирования ее суточного поступления с продуктами питания на уровне до 30 мг в сутки. Кроме того, установлены нормы содержания меди в продуктах: мясе, овощах, фруктах, соках, напитках – 5 мг/кг, рыбе – 10 мг/кг и молоке – 1 мг/кг.

Стронций является обязательной составляющей скелета и содержится во всех тканях и органах человека.

Токсическое воздействие стронция на внутренние органы проявляется в полном замещении ион кальция, в костной ткани – в декальцификации скелета (уровская болезнь). Кроме того, выявлено проявление зобогенного эффекта стронция и его действие в качестве нервно-мышечного яда.

В связи с высоким уровнем токсического эффекта, оказываемого стронцием на организм человека, разработаны нормативы для овощей, фруктов, хлеба – 40, рыбы – 130 Бк/кг, мяса – 160 Бк/кг и чая – 400 Бк/кг.

Содержание цинка в организме человека составляет 1-2,5 г/кг. При этом 30 % от его объема депонируется в костной ткани, 60 % – в мышцах. Цинк аккумулируется двенадцатиперстной кишкой, верхним отделом тонкой кишки и печенью.

В основе проявлений цинковой интоксикации лежат конкурентные отношения цинка с рядом металлов. При превышении норматива по цинку в организме происходит снижение уровня кальция в крови и костной ткани при одновременном нарушении усвоения фосфора развивается остеопороз. Кроме того, проявляется аккумулятивный токсический эффект в форме мутагенной, канцерогенной и гонадотоксической опасности.

В связи с наличием неблагоприятных последствий для организма человека, для цинка разработаны нормативы его поступления с мясом и мясопродуктами – до 70 мг/кг, с рыбой – до 40 мг/кг, с фруктами, овощами, соками и напитками – до 10 мг/кг.

В организме взрослого человека содержится 4-5 г железа, которое является необходимым элементом, обеспечивающим продуцирование белка. В связи с этим установлена суточная потребность взрослого человека в железе, составляющая 11-30 мг.

При недостатке поступления железа в организм человека возникают различные формы анемий, снижающих устойчивость иммунной системы, возникают отклонения в физиологическом развитии.

Источником избыточного поступления железа в организм человека могут стать пищевые продукты, хранящиеся в посуде из ферросплавов. В этом случае отмечаются аллергические и сердечно-сосудистые заболевания, нарушение функции печени и селезенки, приводящие к остеопорозу.

Существование патологических реакций для организма, обусловленных как недостатком, так и избытком железа, вызвало необходимость нормирования его содержания в различных продуктах питания: 50 мг/кг - для хлеба, мяса, овощей и фруктов, 30 мг/кг - для рыбы, 15 мг/кг - для соков и напитков, 3 мг/кг - для молока.

Алюминий является чужеродным элементом, не выполняющим каких-либо биохимических функций в организме. При этом среднее ежедневное его потребление человеком составляет 30-50 мг. Источниками его поступления являются продукты питания, питьевая вода и лекарственные препараты.

С накоплением алюминия в ЦНС связывается возникновение болезни Альцгеймера - дегенеративное, неврологическое заболевание, характеризующееся утратой памяти и умственных способностей, которое передается по линии ДНК.

Основные источники поступления алюминия в пищевые продукты - алюминиевая посуда и упаковочный материал (алюминиевая фольга). Кислые консервированные продукты питания (огурцы), напитки (кока-копа), некоторые корнеплоды (морковь), тонизирующие напитки (чай) также содержат небольшие количества алюминия.

Для предотвращения возникновения заболеваний, обусловленных избытком алюминия в основных пищевых продуктах, для них разработаны нормы: в мясе и мясопродуктах, соках и напитках - до 10 мг/кг, рыбе и рыбопродуктах, овощах - до 30 мг/кг, хлебе, хлебобулочных изделиях и фруктах - до 20 мг/кг, молоке - до 1 мг/кг.

ГЛАВА 4 ГЛОБАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Рассказывается о том, как экологические проблемы стали глобальными, то есть проявились на всей территории планеты Земля. Авторы пытаются ответить на вопросы: всегда ли человек жил в согласии с природой и кто первым предсказал опасность стихийного развития техники и технологий и всей техносферы в целом. На примере одной из глобальных экологических проблем – утилизации отходов показана возможность глобальной экологической катастрофы. Так же освещается проблема – от конфликтов к согласию, от нужды и лишений к сознательному ограничению потребностей человека.

На разных исторических этапах развития цивилизации перед человечеством неоднократно возникали различного рода проблемы, носившие не только местный, но и общемировой, глобальный характер. Во второй половине XX в. из

числа таких проблем стали выделяться экологические, которые по масштабу их распространения в различных частях земного шара были разделены на локальные, региональные, глобальные.

- Локальная экологическая проблема - это природное, природно-техногенное или техногенное явление, охватывающее отдельное промышленное предприятие, населенный пункт или точечный объект нарушенности или загрязнения (река, озеро, отдельный ландшафт);

- Региональная экологическая проблема - природное, природно-техногенное или техногенное явление, охватывающее крупный регион (область, несколько районов, страна);

- Глобальная экологическая проблема – это затрагивающее мир в целом природное, природно-техногенное или техногенное явление, связанное с существенным воздействием человека на природу, обратным влиянием природы на человека и его экономику, с жизненно и хозяйственно важными процессами, обусловленными как естественными, так и антропогенными причинами (например, опустынивание, загрязнение Мирового океана и т.д.).

ИЗ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

Первые зачатки экологических идей в современном понимании появились ещё в античное время, развивались они и в средние века. Затем, в начале XIX в., А. Гумбольдт впервые дал развёрнутую систему взаимосвязи органического мира с внешней средой. Он писал, что его главным побуждением в научной работе должно быть стремление изучить явления внешнего мира в их общей связи, природу как целое, движимое и оживляемое внутренними силами.

Термин «экология» введён в практику известным немецким естествоиспытателем Эрнстом Геккелем. В работе «Всеобщая морфология организмов», изданной в 1866 г., и в последующих лекциях «Естественная история миротворения», прочитанных в Иенском университете в 1869 г., Э.Геккель дал определение экологии как науки об отношениях организма и окружающей среды. Э. Геккель не только ввёл в оборот новый необычный термин, но и создал научное направление, изучающее влияние окружающей среды на живые организмы.

Важный вклад в экологизацию естествознания сделан выдающимся ученым, русским и советским академиком В.И. Вернадским, который ещё в 20-е годы XX века разработал основные положения учения о биосфере.

Как же складывались отношения человека и природы?

В процессе биологической и, в большей степени, социальной эволюции человечества, коренным образом изменяется характер взаимоотношений человека и природы. Так, первый период этой истории длился более 3 млн. лет. Хронологически он объединяет время от начала палеолита и включая первобытнообщинный строй. Определяющую роль во взаимоотношениях

человека и природы играл природный фактор, вследствие зависимости людей от особенностей природной среды. Люди занимались собирательством, охотой, рыболовством. Насколько активным было влияние человека на растительный и животный мир, судить трудно. К тому же в это время человек не отделял себя от природы, был ее естественной частью.

Второй период продолжается с начала землепользования, т.е. от VIII-VII вв. до н.э. до становления промышленного производства в XVI в нашей эры. Исторически это господство рабовладельческого и феодального общества, период активного развития земледелия и скотоводства. Следствием развития скотоводства является вытеснение домашними животными диких из их экологических ниш, возникновение первых «искусственных» пустынь в Греции, Малой Азии.

В это время развивается орошаемое земледелие в Средней и Малой Азии, в Индии, Китае, Южной и Центральной Америке. Для ирригации использовались как поверхностные, так и подземные воды. Орошаемые земли отличались высокой продуктивностью и обеспечивали население сельскохозяйственной продукцией. Поэтому плотность населения на этих землях достигала 80-90 чел/км².

Происходит интенсивное сокращение площади лесов. Древесина используется в качестве топлива и стройматериалов, а освобожденные земли – для сельского хозяйства. Например, для строительства одного парусного корабля требовалось вырубить до 400 дубов. Происходит нарушение естественных круговоротов вещества в природе. Техногенное воздействие человека начинает проявляться на локальном и местами на региональном уровне.

Третий период продолжался с XVI по XIX в. Это время становления и развития капитализма, характеризующееся интенсивным освоением минерально-сырьевых ресурсов, развитием горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Происходит активное перераспределение химических элементов между недрами Земли и на ее поверхности. По подсчетам В.И.Вернадского, только за XIX в. было извлечено из недр Земли более 54 тыс. т цветных и благородных металлов, а угля за вторую половину века – более триллиона тонн. Для извлечения указанного количества полезных ископаемых перерабатывался объем горной породы, превышающий вынос твердого материала реками мира с материков в океаны. Человечество стало глобальной силой, соизмеряемой с геологическими процессами.

Развитие промышленности при отсутствии природоохранных мероприятий приводило к быстрому загрязнению воздушного бассейна, местами – к деградации растительного покрова. Это характерно в первую очередь для горнопромышленных районов Великобритании, Центральной Европы (Рурская область, Силезия), Южного Урала (Россия) и США. Происходят первые экологические кризисы и катастрофы.

Четвертый период взаимодействия человека и природы – период империализма и социальных революций. Воздействие человека на природную среду приобретает не только региональный, но и глобальный характер: происходит химическое, физическое, биологическое загрязнение природных компонентов и коренное преобразование ландшафтов, изменение интенсивности геологических процессов. Государства мира перерабатывают за год горной массы больше, чем естественные геологические процессы, протекающие на Земле. Экологические кризисы и дестабилизации захватывают значительную часть планеты Земля.

Пятый период взаимодействия человека с природой соответствует современному этапу развития человечества, этапу индустриализации общества. Это эпоха научно-гуманитарной революции. Перед человечеством неотвратимо встала задача разумного, рационального природопользования, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей в сочетании с охраной и воспроизводством окружающей среды.

С развитием общества, как уже отмечалось выше, степень техногенного воздействия на природу постоянно возрастает. Реальные сдвиги в нейтрализации этого влияния пока не очень велики, хотя ведутся значительные работы учеными разных специальностей. В этой связи возникает необходимость более четкого теоретического обоснования, определения методологии изучения окружающей среды с целью оптимизации взаимодействия общества и природы. Сложность выполнения научных разработок в области природопользования, обусловленная необходимостью учета при их реализации целого ряда природных закономерностей и техногенных факторов воздействия на природу определяет необходимость вести широкие поисковые исследования, идти различными путями к их решению, используя для этой цели материалы и методы смежных с географией наук. Традиционные подходы к решению проблемы оптимизации взаимодействия общества и природы не могут удовлетворить постоянно возрастающие запросы практики и не всегда соответствуют современному уровню развития науки. Этими причинами и обусловлено появление в рамках наук естественного цикла нового научного направления – геоэкологии.

Понятие «экологический кризис» впервые появилось в 1972 г. на страницах первого доклада Римского клуба — авторитетной международной ассоциации по изучению глобальных проблем современности. В этом докладе, озаглавленном «Пределы роста», авторский коллектив под руководством американского кибернетика Д. Медоуза построил прогностическую модель мира, используя в качестве переменных факторов рост населения, капиталовложения, занятое человеком земное пространство (степень нарушенности экосистем), степень использования природных ресурсов и загрязнения биосферы. Выводы доклада сводились к следующему: при сохранении темпов роста и тенденции развития экономики человечество придет к катастрофе и погибнет в 2100 г. К этому времени большая часть населения вымрет от голода и истощения. Природных

ресурсов не хватит на производство необходимых материальных благ; из-за загрязнений окружающая среда станет непригодной для обитания в ней человека.

Поскольку составной частью окружающей среды является природная среда (геосферы, географическая оболочка, геологическая среда), естественным было выделение из «большой» экологии (всеобщей, глобальной, мегаэкологии) особого направления, рассматривающего экологические функции различных компонентов природной среды. За этим направлением укоренилось название «геоэкология». Впервые термин «геоэкология» введен в научный обиход в 1939 г. немецким экологом К. Троллем, который под геоэкологией понимал раздел экологии, посвященный ландшафтам Земли. Впоследствии термин «геоэкология» стал термином свободного пользования, широко используемым в географических, геологических, социальных и других науках при решении проблем природоохранной деятельности, хотя впервые был опубликован в 1966 г.

По нашему мнению, основная цель геоэкологии – сведение к минимуму негативных последствий разнообразной эксплуатации природы человеческим обществом, поэтому ее главными задачами являются: изучение природных и природно-техногенных геосистем различного уровня с целью оптимизации их функционирования, динамики и эволюции; исследование источников техногенного воздействия на природную среду, их интенсивности и пространственно-временного распределения; изучение проблем организации и проведения мониторинга окружающей среды; оценка, моделирование и прогноз последствий техногенных воздействий на глобальном, региональном и локальном уровнях; исследование геоэкологической устойчивости природной среды, которая подвергается техногенезу; разработка рекомендаций по сохранению целостности природной среды путем оптимизации хозяйственной деятельности человеческого общества и регламентации ресурсопотребления и др.

Отчужденность человека и природы. Широкомасштабная техногенная деятельность не только нарушает развитие биосферных процессов, но и отчуждает человечество от природы. Оно уже не находится в органическом единении с биосферами и биогеоценозами в целом. Как правило, человек стремится при этом подчинить природу своим интересам. Большая часть его деятельности выходит за рамки экосистемных законов и подчас развивается вопреки им. Практически человек в конфликте с природой создал особую среду своего обитания, своей жизнедеятельности — техносферу.

Техносфера – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия ее социально-экономическим потребностям человечества.

Техносфера представляет собой совокупность искусственных объектов, созданных целенаправленной деятельностью человека, и природных объектов, измененных этой деятельностью. Совокупность инженерно-технических процессов в земной коре, гидросфере, атмосфере и ближнем Космосе; научных и технических достижений, позволяющих человеку использовать природные ресур-

сы и изменять состояние среды жизни, а также перестройка биосферы и создание новой планетной оболочки (техносферы), где господствует человечество как геологическая сила, т. е. все, что связано с производственной деятельностью человека, называют техногенезом.

В экологизации мирового сознания большую роль сыграли доклады Римского клуба, развивающие положение о необходимости замедления роста и стабилизации численности населения планеты. Данный вывод отражает современные эколого-экономические реалии, так как при нынешнем уровне технологического развития, ограниченности запасов природных ресурсов, Земля не в состоянии прокормить и обеспечить нормальные потребности быстро растущего населения.

Противоречия во взаимодействии общества с природной средой неизбежны. Материя (вещество, энергия и информация) в процессе обмена между обществом и природой никуда не исчезает, а переходит из одной формы и состояния в другую. При этом прогресс общества неизбежно идет «за счет» природы, так как, удовлетворяя свои потребности, люди в процессе производства заимствуют у природной среды материальные блага, отчуждая их у нее. Но если общество существует за счет природы, его прогрессивное развитие не может быть бесконечным. Реальное общество всегда развивается на ограниченном по объему пространстве, каким и является наша планета. Поэтому общество неизбежно на определенном этапе (в силу несотворимости и неуничтожимости материи) должно столкнуться с экологической проблемой. Таким образом, указанная проблема обусловлена возрастанием противоречий в вещественных, энергетических и информационных связях общества с природной средой.

За истекшее столетие в человеческом обществе произошли два важнейших сдвига. Во-первых, не только резко увеличилась численность населения Земли (до 6.5 млрд. человек в 2006 г.), но и сохраняется тенденция дальнейшего её возрастания. Еще в начале 50-х годов XX века население Земли было вдвое меньше. Во – вторых, промышленное производство, выработка энергии и объем продуктов сельского хозяйства значительно выросли, хотя и неадекватно росту населения.

Человечество по мощности воздействия на поверхностные оболочки планеты уже не уступает суммарному воздействию всех живых организмов, оно использует не только огромные энергетические ресурсы биосферы, но и небiosферные источники энергии (например, атомную), ускоряя при этом химические преобразования компонентов природы. Отдельные техногенные процессы при этом направлены противоположно по отношению к естественному ходу их в биосфере. Это рассеивание металлов руд, углерода и других биогенных элементов, торможение минерализации и гумификации, освобождение законсервированного углерода (уголь, нефть, газ) и его окисление (сгорание), нарушение крупномасштабных процессов в атмосфере, влияющих на климат и т. п. В конечном итоге все это приводит к экологическим кризисам в биосфере.

Экологический кризис — ситуация, которая возникает в геосистемах в результате нарушения равновесия под воздействием стихийных природных явлений или в результате воздействия антропогенных факторов (загрязнение человеком атмосферы, гидросферы, педосферы, разрушение естественных экосистем, природных комплексов, лесные пожары, зарегулирование рек, вырубка лесов и др.). В более широком смысле экологический кризис — критическая фаза в развитии биосферы, при которой происходит качественное обновление живого вещества (вымирание одних видов и возникновение других). Здесь уместно привести образное высказывание: «...Экологический кризис — это кнут, которым природа направляет нас на единственно прогрессивный «зеленый» путь развития. Но это и топор, которым природа отсекает с дерева человечества тупиковые ветви».

Выше мы рассмотрели какие экологические кризисы произошли в предыстории и истории человечества ученые выделяют ряд экологических кризисов.

Современный кризис часто называют «кризисом редуцентов», поскольку природные редуценты уже не успевают очищать от техногенных отходов или вообще не способны это делать в силу чуждого природе характера выбрасываемых искусственных синтетических веществ — ксенобиотиков. Иначе говоря, биосфера потеряла способность к самовосстановлению.

Почти одновременно с «кризисом редуцентов» активно проявляются и два других экологических напряжения: термодинамическое (тепловое) и обусловленное снижением надежности экосистем. Они связаны с экологическими последствиями перепроизводства энергии в нижней тропосфере (парниковый эффект, строительство тепловых и атомных электростанций и т.д.), а также нарушением природного экологического равновесия. Указанные экологические кризисы (они уже начались и обострятся в ближайшем будущем), возможно, будут разрешены, если произойдут энергетическая и экологическая революции.

За последние десятилетия во многих регионах планеты внешняя среда по токсической агрессивности стала другой, чем та, в которой происходила эволюция живых организмов и которая породила человека. По сути, современное человечество как бы переселилось на другую, более враждебную планету. Она лишь внешне похожа на Землю, где в течение миллионов лет формировался человеческий организм. Адаптационные системы оказались беззащитными перед новыми видами биологической агрессии. Отсюда и невозможность отдельного человека, вернее, его внутренних механизмов и систем жизнеобеспечения приспособиться к лавинообразной трансформации внешней среды. При этом специалисты в области генетики указывают на необходимость учета еще двух моментов, которые обусловлены спецификой наследственного аппарата: 1) патологические сдвиги в иммунной системе не только могут передаваться по наследству, но при неблагоприятных условиях имеют тенденцию к накоплению;

2) мужская особь вследствие особенностей механизма адаптации будет больше страдать от экологического прессинга.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), если повреждение генетического аппарата у новорожденных превысит 10%, то неизбежно начнется вырождение нации. Ныне, по экспертным оценкам, этот предел в некоторых зонах экологического бедствия стран Европы, Азии, Америки уже превышен. Удивительно, но неблагополучно по этому показателю даже в процветающей Японии: по-видимому, от «места» природы не спрятаться никому.

Как известно, СПИД (синдром приобретенного иммунного дефицита) вызывается ВИЧ - инфекцией. Если оценивать это явление с информационных позиций, то СПИД можно рассматривать как снижение иммунной системы человеческого организма. Исследования показали, что деградация окружающей природной среды вызывает угнетение и даже разрушение последней. Отсюда, нет принципиальной разницы, вызывается ли подавление иммунной системы вирусом ВИЧ или экологическим прессингом. Это дает возможность сформулировать понятие экологического синдрома приобретенного иммунного дефицита (ЭСПИД).

Лавинообразный технократический прогресс вызывает и лавинообразную глобальную деградацию природы, а это, в свою очередь, способствует соответствующему снижению иммунного статуса человеческой популяции. Интеграция всех этих процессов ведет к снижению ее интеллекта, возрастанию степени дебильности, уменьшению здорового ядра популяции, и, как следствие, замедление темпов прогресса в недалеком будущем. С точки зрения эволюционной экологии человека, качество человечества по критериям здоровья невелико и продолжает снижаться. Оно попадает в зависимость от применения средств продления жизни, которые однако не могут снизить общую заболеваемость людей более 30% их больны, а в возрасте 60 лет – 80%.

Отсюда вполне правомочен вывод, что наиболее хрупкими в условиях экологических кризисов и катастроф оказываются иммунная система и интеллектуальный статус человека. Это обстоятельство, если не принять надлежащих и весьма оперативных мер, способно ускорить гибель цивилизации.

В июне 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро состоялась Конференция ООН по окружающей среде и развитию, которая приняла историческое решение о необходимости изменения курса развития всего мирового сообщества. Такое беспрецедентное решение глав правительств и лидеров 179 стран было обусловлено стремительно ухудшающейся глобальной экологической ситуацией и прогнозом о возможной глобальной катастрофе уже в XXI веке.

Среди проблем экологического характера, согласно изданному Программой ООН по окружающей среде докладу «Глобальная экологическая перспектива ГЕО-3» (Найроби, 2002 г.), которые окажутся основными в XXI веке, названы следующие: изменение климата в результате выброса парниковых газов, недостаток и загрязнение пресной воды, исчезновение лесов и опустынивание,

сокращение биоразнообразия, рост численности населения (и его перемещение), удаление отходов, загрязнение воздуха, деградация почв и экосистем, химическое загрязнение, истощение озонового слоя, урбанизация, истощение природных ресурсов, нарушение биогеохимических циклов, распространение заболеваний (включая появление новых) и т. д. Почти каждая из этих экологических проблем может, если будет продолжаться стихийное развитие Цивилизации, привести к деградации и даже гибели человечества и биосферы.

Конференция продемонстрировала осознание пагубности традиционного пути развития, который был охарактеризован как модель неустойчивого развития, чреватая опасностями, угрозами, кризисами, катастрофами, омницидом (гибелью всего живого). Переход на новую модель (стратегию) развития, получившую наименование устойчивого развития, представляется естественной реакцией мирового сообщества, стремящегося к выживанию и продолжению дальнейшего поступательного развития.

В.И. Вернадский еще в начале XX столетия предупреждал: «Мы переживаем не кризис, волнующий слабые души, а величайший перелом научной мысли человечества, совершающийся лишь раз в тысячелетие». Выдающемуся французскому естествоиспытателю конца XVIII и начала XIX вв. Ж.Б. Ламарку принадлежат слова «...Можно, пожалуй, сказать, что назначение человека как бы заключается в том чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар не пригодным для обитания». Задолго до нашего трагического времени эти ученые предвидели и обозначили немислимый еще совсем недавно кризис - кризис нашей техногенной цивилизации, кризис человечества в его сложных, а подчас противоестественных отношениях с природой.

Общим для всех экологических кризисов, связанных с техногенезом, является то, что выход из них сопровождается, как правило, уменьшением численности населения, его миграцией и социальными изменениями, в некоторых случаях сменой общественного строя. Так, первый глобальный экологический кризис вызвал расселение первобытных охотников на большой территории. Переход к земледелию и скотоводству сопровождался возникновением рабовладельческого строя, которому сопутствовали опустынивание и истощение земельных ресурсов и переход к феодальному строю.

Основная особенность современного экологического кризиса – глобальный характер: быстрые изменения окружающей среды происходят на глобальном, региональном и локальном уровнях, охватывают все природные компоненты и сферы Земли и влияют на условия существования всего человечества.

Проявления экологического кризиса многообразны: увеличение количества парниковых газов и уменьшение мощности озонового слоя; рост эрозии и засоление почв; закисление и загрязнение поверхностных вод; расширение площади пустынь, в т.ч. искусственных техногенного происхождения; сокращение площади лесов и быстрое исчезновение видов живых организмов;

рост заболеваемости населения; загрязнение всех компонентов окружающей среды.

Причинами возникновения экологических проблем всех трех уровней являются:

- демографический взрыв, в результате которого численность населения Земного шара только за период жизни одного поколения возросла в 2,5 раза и в настоящее время превышает 6,5 млрд. человек;
- истощение природно-ресурсного потенциала в результате необходимости жизнеобеспечения значительно увеличившегося населения Земли;
- глобальное загрязнение окружающей среды, обусловленное резким увеличением объема «отходов» жизнедеятельности человечества;
- ускоренное развитие научно-технической революции и вступление ее в постиндустриальную стадию;
- глобализация мировой экономики, как резкое расширение и усложнение взаимосвязей и взаимозависимостей как между государствами, так и между отдельными людьми. Глобализация ведет к изменению роли государственных границ путем уменьшения их барьерной функции;
- угроза возникновения «холодной войны», ведущая человечество к самоуничтожению.

Возникнув в 60-70 годы XX в., глобальные экологические проблемы явились объектом изучения ученых, политиков и мировой общественности. В результате этих исследований, сложилось понятие о признаках глобальных экологических проблем:

- они являются универсальными для всего человечества, населения всех без исключения стран и народов;
- приводят к значительному социально-экономическому ущербу, вплоть до ликвидации человеческой цивилизации;
- решение их возможно лишь в результате сотрудничества в глобальном масштабе, путем объединения усилий всех стран и народов Земли.

Количество глобальных экологических проблем и их иерархическая соподчиненность существенно варьируют во времени. Общее число глобальных экологических проблем, по данным разных авторов, изменяется – от 10 до 40.

Несколько слов из истории формирования приоритетов глобальных экологических проблем.

В 70 гг. XX в. большинство ученых-экологов выделяли следующие глобальные экологические проблемы, которые располагались по степени значимости в следующем порядке:

- демографическая – ключевая, порождающая все остальные экологические проблемы в планетарном масштабе;
- проблема мира и разоружения, предотвращения новой мировой войны;

- изменение газового состава и загрязнение атмосферы, вследствие техногенной деятельности человека, последствия которой проявляются в виде потепления климата, кислотных дождей, разрушения озонового слоя;
- истощение ресурсов гидросферы и их загрязнение, включая поверхностные и подземные воды, Мировой океан;
- деградация и загрязнение литосферы, в том числе трансформация природных ландшафтов и проседание грунтов, нарушение целостности водоупорных горизонтов в результате добычи полезных ископаемых, деградация и загрязнение почв, опустынивание, истощение топливно-энергетических ресурсов и иных источников сырья;
- снижение уровня биологического разнообразия и нарушение целостности биогеоценозов, возникающие в результате сокращения площади лесов, видового и количественного сокращения флоры и фауны в естественных условиях, их трансформацию на урбанизированных территориях;
- продовольственная;
- мирного использования Мирового океана, свободного от захоронения радиоактивных отходов, тяжелых металлов, продуктов генной инженерии;
- мирного освоения космоса;
- преодоления экономической отсталости развивающихся стран, в которых концентрируются самые экологически опасные производства: черная и цветная металлургия, предприятия химической промышленности и другие, функционирующие в условиях отсутствия природоохранного законодательства.

В конце 80 гг. XX в. сложилась классификация глобальных экологических проблем, в основу которой положено их происхождение. Согласно этому признаку, глобальные экологические проблемы объединяются в три блока.

К первому блоку относятся проблемы, связанные с основными социальными общностями: разоружения и предотвращения новой мировой войны, преодоления разрыва в уровнях социально-экономического развития между экономически развитыми и развивающимися странами и т.д.

Ко второму - проблемы, обусловленные отношениями в системе «человек – общество»: эффективное использование достижений НТР, образования, здравоохранения и т.д.

К третьему блоку - проблемы, связанные с отношениями в системе «человек - природа»: сохранения и восстановления экологического равновесия, обеспечение потребностей человечества в природных ресурсах, использование ресурсов Мирового океана, мирного освоения космического пространства и т.д.

Одновременно утвердилось представление о тесной взаимосвязи между всеми глобальными проблемами - как «общественными», так и «естественными». В настоящее время при классификации глобальных экологических проблем уже не используется ранее существовавший подход о тесной взаимосвязи между уровнем развития человеческой цивилизации и сменой общественных формаций. На смену ему пришел так называемый «цивилизованный подход», сущность

которого заключается в существовании единой современной цивилизации. При этом подходе решение глобальных экологических проблем, обусловленных несоответствием между уровнем потребностей общества и сфер материального и нематериального производств и возможностями природной среды в удовлетворении этих возможностей, может быть обеспечено только при сочетании мер по оптимизации природопользования и охраны природы. С учетом этого подхода, в 90 гг. XX в. была разработана классификация глобальных проблем по функциональному назначению:

- наиболее универсальные проблемы политического и социально-экономического характера: предотвращение ядерной войны и сохранение мира, обеспечение устойчивого развития мирового сообщества и повышение уровня организованности и управляемости им;
- проблемы преимущественно природно-экономического характера: энергетическая, сырьевая, продовольственная, Мирового океана;
- проблемы преимущественно социального характера: демографическая, межнациональных отношений, охраны здоровья,
- проблемы смешанного характера, нерешенность которых нередко приводит к массовой гибели людей: региональных конфликтов, технологических аварий, стихийных бедствий и т. д.;
- проблемы чисто научного характера освоение космоса, исследования внутреннего строения земли, долгосрочного прогнозирования климата и др.

В соответствии с классификацией, приведенной выше, учеными-экологами составлен перечень глобальных проблем современности, в котором произошло изменение иерархии приоритетных глобальных проблем. Длительное время в качестве сверхпроблемы рассматривалась проблема предотвращения новой мировой войны и ядерной катастрофы. В настоящее время она перестала быть мегапроблемой. Многие исследователи считают, что на первое место вышли проблемы природно-экономического (экологические проблемы) и социального характера (демографическая), которые тесно взаимосвязаны между собой причинно-следственными связями. А установление видовой приоритетности между ними обусловлено действием финансово-экономического фактора. Так ежегодные затраты человечества на решение всех глобальных проблем должны составлять 1 трлн. долл. Если исходить из того, что весь мировой валовой продукт в конце 2000 года оценивался в 80 млрд. долл., то такими средствами мировое сообщество не располагает. Следовательно, имеющиеся финансовые средства нужно распределять в соответствии с уровнем глобальности той или иной проблемы.

Таким образом, если до недавнего времени главной проблемой выживания человечества была проблема войны и мира, то в XXI в., по мнению большинства специалистов, доминантной становится глобальная экологическая проблема, связанная с деградацией окружающей природной среды.

Характеризуя общее состояние окружающей природной среды, ученые разных стран употребляют такие определения «как деградация глобальной экологической системы». Согласно академику Н.Н. Моисееву, существует угроза потери устойчивости биосферы как целостной системы, частью которой является человечество. В XX в. произошло нарушение равновесия между потребностями цивилизации и возможностями удовлетворения этих потребностей биосферой, которая адаптировалась к условиям постоянно увеличивающихся спектра и масштаба воздействия человеческого общества на протяжении 4 млрд. лет. В настоящее время в результате деформации и разрушения естественных экосистем на больших территориях, механизм природной регуляции окружающей среды «действие ниже или равно противодействию» перестал функционировать адекватно. В результате действие существенно превысило возможности противодействия, что повлекло за собой не только количественные, но и качественные, часто носящие необратимый характер изменения биосферы.

Таким образом, установлено, что для современного этапа развития человеческой цивилизации характерно нарастание глобального экологического кризиса. Это привело, в свою очередь, к интенсивному росту напряженного состояния отношений между человечеством и природой, возникновению несоответствия между развитием производительных сил и производственных отношений с одной стороны, и биосферными процессами – с другой. Для экологического кризиса характерно не только воздействие человека на природу, но и резкое увеличение влияния измененной людьми природы на развитие человеческого общества. Однако кризис – это обратимое состояние, в котором человек выступает активной действующей стороной, т. е. кризис может быть ослаблен или даже преодолен.

Современный глобальный экологический кризис начал проявляться в начале XX в., а устрашающие масштабы, граничащие с экологической катастрофой, он приобрел в конце века. При отсутствии соответствующих мер, направленных на преодоление глобального экологического кризиса, он может трансформироваться в глобальную экологическую катастрофу. В отличие от кризиса экологическая катастрофа в глобальном масштабе – это природная аномалия или авария, возникающая в результате прямого или косвенного антропогенного воздействия на природные процессы, вызывающая необратимый экономический ущерб, массовую гибель населения или живых организмов определенного региона.

К началу XXI в. в составе глобальной экологической системы экологический кризис проявился в трех основных направлениях:

- 1) в деградации окружающей природной среды в результате нерационального природопользования, которое характеризуется количественными изменениями. Количественное изменение окружающей природной среды - это накопление окружающей природной средой в значительных объемах продуктов производственной и непроизводственной деятельности человечества, которые в природных условиях содержались в ней в минимальных концентрациях. К

количественным изменениям относят металлизацию окружающей среды, нарушение глобального баланса невозобновляемых и возобновляемых природных ресурсов, эрозию почвенного покрова, засоление, заболачивание, опустынивание, вырубку и деградацию обширных лесных массивов, сокращение биоразнообразия на Земле;

2) в деградации окружающей природной среды в результате ее загрязнения отходами человеческой деятельности, для характеристики которой используются качественные показатели. Они характеризуют качественное загрязнение, связанное с поступлением в окружающую природную среду ранее неизвестных ей ингредиентов и соединений, имеющих чисто техногенное происхождение. Например, фреоны - использовали в качестве хладагентов в холодильниках и кондиционерах. Они могут привести к парниковому эффекту в атмосфере и вызвать разрушение озонового слоя атмосферы. Мировое производство фреонов достигло 1,5 млн. т. При этом озоновый слой атмосферы за последние 20 лет сократился на 2-5%. Уменьшение же озонового слоя на 1%, приводит к усилению ультрафиолетового излучения на 2% ;

3) в деградации окружающей среды, вызванной как количественным истощением ресурса, так и его качественным преобразованием.

Приоритетными экологическими проблемами современности являются следующие: изменение климата, загрязнение воздуха, парниковый эффект, кислотные осадки, разрушение озонового слоя, обезлесивание, опустынивание, деградация земель, количественное и качественное истощение вод суши, загрязнение вод Мирового океана, сокращение биологического разнообразия, истощение энергетических и сырьевых ресурсов, утилизация отходов производства и потребления.

Рассмотрим последнюю проблему более детально.

Глобальная проблема утилизации отходов.

Экологическую проблему глобального масштаба представляют разнообразные отходы, возникающие в процессе промышленного, сельскохозяйственного производства, коммунального хозяйства, функционирования военного или гражданского энергокомплекса. Твердые отходы аккумулируются на свалках, в отвалах, хвостохранилищах. Они являются опасными источниками загрязнения земной поверхности и почвенных горизонтов, поверхностных и подземных вод, а также других компонентов экосистем. Если в 70гг. XX в. ежегодный объем твердых бытовых отходов в мировом масштабе варьировал от 20 до 40 млрд. т/год, то в начале XXI в. эта цифра увеличилась до 300 млрд. т/год. В пересчете на 1 жителя Земли объем твердых отходов составляет около 50 тонн. Согласно прогнозу, увеличение численности населения повлечет за собой увеличение объемов твердых отходов.

По структуре отходы подразделяются на: *бытовые (коммунальные), промышленные, сельскохозяйственные и илам* (сухой остаток, возникающий в результате обезвоживания илов из очистных сооружений). При этом максимально

утилизируются лишь сельскохозяйственные отходы. Все остальные типы отходов подлежат складированию, захоронению или сжиганию или другой утилизации.

Коммунальные отходы – это совокупность остатков, отбросов, некондиционных продуктов или потерявшая свои первоначальные качества продукция продовольственного и непродовольственного назначения, образующая в бытовых условиях, и размещаемая в специально отведенных местах в соответствии с установленными требованиями, с последующей ее обязательной переработкой, ликвидацией или захоронением. Структура бытовых отходов: бумага, металлы, древесина, стекло, текстиль, остатки пищевых продуктов. Основную часть твердых отходов производят высокоразвитые страны, для которых характерен высокий уровень урбанизированности.

В современной практике переработки отходов используют различные методы их складирования и промышленной переработки. Так, например, в зависимости от уровня экономического развития конкретного государства на свалки вывозят от 30 до 90% формирующихся твердых бытовых отходов. Разработана и специальная технология оборудования полигонных (санитарных) свалок. Дно свалки устилают прочной полиэтиленовой пленкой, отходы уплотняют, засыпают слоем грунта, который затем утрамбовывают, затем всю технологическую схему повторяют вновь. В таких свалках предусмотрено наличие стока в сборник для жидкости, которая фильтруется из отходов и грунта и идет на очистку. После заполнения последних слоев, проводят перепланировку рельефа и другие рекультивационные работы.

Наиболее распространенным методом промышленной переработки является термическая обработка нелетучих твердых бытовых отходов, предполагающая утилизацию на мусоросжигательных заводах при высоких температурах. Однако в последнее время большинство высокоразвитых стран стало отказываться от этого способа переработки отходов по причинам экологического характера. Было установлено, что под воздействием высоких температур образуются высокотоксичные вещества – диоксины и ядовитые газы. Кроме того, в развитых странах используются методы биотермического аэробного компостирования с получением биогаза, производится сортировка и извлечение тех или иных ценных компонентов для последующего вторичного использования.

Современным экологическим требованиям в наибольшей степени отвечает технология комплексной переработки отходов, которая сводится к совмещению технологических комбинаций мусороперерабатывающих и мусоросжигающих производств.

На втором месте после коммунальных по уровню экологической опасности находятся *промышленные отходы*. Их общемировой объем на порядок ниже уровня накопления бытовых отходов. Так как развитие мировой экономики сопровождается неуклонным ростом добычи различных видов минеральных ресурсов, то из них на всех этапах развития промышленного производства – от

добычи и обогащения до переработки, формируется основная масса промышленных отходов. Лидером по производству промышленных отходов является горнодобывающая промышленность. Так, например, около 50% от общего объема добываемого каменного угля и железной руды превращаются в отходы. Кроме того, горнодобывающая промышленность выступает в качестве одного из самых крупных источников нарушения и загрязнения окружающей среды.

Из всей совокупности отходов по уровню их токсического воздействия на окружающую среду и организм человека, включая характер возникающих при этом последствий, выделяются *экологически опасные отходы*. В их число входят: диоксины, углеводороды, тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, уровень токсичности которых соответствует 1-3 классам опасности), пестициды. Они обладают общим свойством аккумуляции и канцерогенности в организме человека и животных. Местами локализации экологически опасных отходов могут являться: хранилища, накопители, специальные склады и могильники.

Около 90% всего производства экологически опасных отходов приходится на экономически высокоразвитые страны, абсолютным лидером среди которых является США (около 270 млн.т.). Второе место по объему производимых опасных отходов занимает Россия (107 млн.т.) третье – Индия (40 млн.т.)

Среди опасных веществ, наличие которых в отходах даже в минимальных концентрациях создает угрозу жизни и здоровья человека, целостности экосистем, ведущее место занимают *диоксины*. Аккумулируясь в организме человека, они не выводятся, и в процессе разложения, оказывают негативное воздействие на все органы и ткани. На втором месте по степени токсического воздействия находятся *пестициды*, которые используются как химические соединения, применяемые для защиты растений и борьбы с переносчиками заболеваний. На третьем месте *тяжелые металлы и радиоактивные вещества*.

К особой группе токсических веществ относят и углеводороды. Они взрывоопасны при взаимодействии с воздухом, обладают наркотическим и канцерогенным свойством. В случае замены водорода хлором, образуются хлорированные углеводороды. Они находят широкое применение в промышленности в качестве растворителей и изоляторов, в сельском хозяйстве в виде пестицидов. Однако их токсикологическая активность проявляется в организме человека в виде канцерогенных и мутагенных эффектов. Хлорированные углеводороды, обладая высокой степенью устойчивости наряду с широкой географией их распространения в окружающей среде, формируют максимальную аккумуляционную способность накопления жировыми тканями у животных и человека.

Промышленные отходы могут содержать и супертоксиканты, к числу которых относят: ДДТ, тяжелые металлы и др. В качестве источников поступления свинца в промышленные отходы являются: горнодобывающие и горнообогащительные

производства. Для всех тяжелых металлов характерна чрезвычайно высокая устойчивость к химическому и биологическому разложению.

Несмотря на сокращение производства экологические токсичных веществ в мировом масштабе, до сих пор не установлено уменьшение их содержания в компонентах природной среды. Проблема захоронения промышленных отходов, многие из которых обладают токсическими и канцерогенными свойствами, является одной из ведущих в мировом масштабе. Для оптимизации системы захоронения промышленных отходов во многих странах мира проводят инвентаризацию свалок и проводят их дезактивацию.

Основная проблема атомного военного и гражданского энергетического комплекса – утилизация всех видов радиоактивных отходов (жидких, твердых и газообразных) и отработанного ядерного топлива. Ядерные отходы присутствуют на всех стадиях производства, начиная от добычи и обогащения руды, извлечения радионуклидов и заканчивая получением конечной продукции. Особую проблему составляет обезвреживание, хранение и захоронение радиоактивных отходов, которые формируются в результате работы атомных электростанций и предприятий военной индустрии. До недавнего времени такие отходы складировали в специальных контейнерах на суше. Но поскольку это является экологически небезопасным, то в последние десятилетия практика их захоронения получила распространение в Мировом океане. США и странами Западной Европы в водах Мирового океана затоплено 190 контейнеров с радиоактивными отходами, общая масса которых составляет 100 тыс.т.

Кроме того, в Мировом океане затонуло несколько атомных подводных лодок и находится около 50 ядерных боеголовок и топливных элементов, принадлежащих разным странам. В настоящее время продолжается эмиссия низко активных жидких отходов в водную среду морей и океанов. Лидером по их производству является США. Затем идут Россия, Канада, Франция, Великобритания.

Кроме того, широкое распространение получила практика экспорта радиоактивных отходов из индустриально развитых стран в развивающиеся с целью их складирования, хранения и переработки. За их размещение развивающиеся страны Азии, Африки и Латинской Америки получают финансовую компенсацию. В то же время высокоразвитые государства экономят на этом экспорте как собственные средства на организацию хранилищ радиоактивных отходов, так и сохраняют благоприятные экологические свойства природной среды на своей территории. Высокорастворенные государства на уровне правительств разработали стандарты качества при родной среды, включая нормы радиационной безопасности радиоактивных отходов. В то же время в развивающихся странах такие природоохранные законодательства отсутствуют. Это позволяет обеспечить экспорт радиоактивных отходов в слаборазвитые страны. При этом максимальные объемы радиоактивных отходов вывозятся в страны Западной и Юго-Западной Африки. Они также экспортируются в страны Латинской Америки: Мексику, Аргентину, Панаму, Уругвай и др.

Решение глобальной проблемы утилизации отходов связывается с использованием достижений науки и техники в этой области и одновременной экологизацией всех видов хозяйственной деятельности путем оптимизации нормативно-правовой базы и внедрения в практику экономики природопользования. Экологическое регулирование в области обращения с отходами предполагает:

- устанавливать предприятиям и организациям налоговые, кредитные и иные льготы при внедрении малоотходных и безотходных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих снижение объема отходов;
- определять льготы физическим и юридическим лицам, занятым в сфере сбора, хранения, использования и захоронения отходов;
- взимать плату за размещение отходов с учетом их объемов, класса, опасности и нормативов размещения;
- установить обязательность экологического страхования при обращении с опасными отходами.

Что же делать?

Наличие глобальных экологических проблем, ставящих под угрозу существование человеческой цивилизации, и постоянное увеличение их числа и географии распространения, вызвало необходимость поиска комплексных путей их решения, причем не в рамках одной отдельно взятой страны и даже не отдельного региона, а на общемировом уровне. В результате международного сотрудничества политиков, ученых, мировой общественности разработан ряд нормативно-законодательных актов, регламентирующих порядок решения отдельно взятых глобальных экологических проблем на международном уровне. В их числе: «рамочная Конвенция ООН об изменении климата», «Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата», «Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель», «Конвенция ООН о биологическом разнообразии», «Картахенский протокол по биобезопасности к Конвенции ООН по биологическому разнообразию», «Рамсарская конвенция по водно-болотным угодьям» и т.д. Однако направляющим документом комплексного характера, который имеет международный статус для большинства стран мира, в том числе и для Республики Беларусь, является «Программа устойчивого развития регионов и стран», принятая в 1992 году.

В результате реализации Международного проекта Гео-2000 была выявлена не только структура глобальных экологических проблем, но и установлены причины, препятствующие их решению. В качестве ключевых были выделены три причины: неудовлетворительная система управления, увеличения численности населения, его миграция и рост урбанизации, но об этом, по возможности, в следующих главах.

ГЛАВА 5 ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЕКТОВ

Мы узнаем, нужно ли строить Вавилонскую башню, когда прилетит астероид-убийца, а также какие еще природные и техногенные катаклизмы угрожают существованию человечества на земле. Мы познакомим читателя с возможными последствиями ядерной зимы, эпидемий, крупных землетрясений, цунами, последствиями извержений вулканов, причинами вымирания цивилизации динозавров. Кроме того, вы узнаете о том, зачем разводить пингвинов в среднеазиатской пустыне, куда текут искусственные реки и будет ли построен подземный тоннель через Беларусь в Калининградскую область.

Опасность столкновения с космическим телом

Из главы 1 мы узнаем, что вокруг Солнца вращается множество планет. Помимо 9 крупных признанных спутников существуют еще миллионы малых, именуемых астероидами. Первый астероид Церера был открыт в 1801 г., сейчас же в каталоге астероидов их более 6000. Это каменные обломки размерами в поперечнике, часто до сотни километров, в большинстве своем вращаются в поясе астероидов – области между орбитами Марса и Юпитера. Существуют группы малых планет, которые пересекают орбиту Земли, например, малые планеты «Семьи Аполлона». Иногда на Землю падают их обломки. Будучи довольно большими, эти обломки не всегда сгорают в атмосфере, а достигают Земли.

Значительная часть населения планеты со страхом и интересом смотрит голливудские блокбастеры о столкновении нашей планеты с огромным астероидом, о падении метеоритов на города, целые страны и континенты, а также другие не менее увлекательные и зрелищные события. Какова же вероятность того, что Земля столкнется с крупным космическим телом и какие последствия это может вызвать? Проследим за хроникой падений астероидов и метеоритов, восстановленной учеными, и попытаемся дать прогноз будущих столкновений.

65 млн. лет назад на территории современной Мексики, на полуострове Юкатан упал астероид размером в поперечнике около 10 км. Предполагается, что именно его падение привело к образованию кратера диаметром около 180 км. Удар астероида о землю вызвал цунами высотой до 100 м, а поднятые частицы пыли привели к эффекту ядерной зимы. В течение нескольких лет на поверхность Земли не проникали прямые солнечные лучи, в результате чего произошло массовое вымирание тогдашних животных. Имеется множество других следов

падения астероидов и их обломков. Самый большой след от падения метеорита находится в Канаде. Диаметр кратера 200 км, возраст 1,85 млрд. лет. На территории нынешнего Красноярского края 35,5 млн. лет назад упал метеорит. От него осталась Попигайская котловина диаметром около 100 км.

Совсем недавно, в мае 1996 г., на расстоянии 477 тыс. км от Земли пролетел астероид диаметром 300 м. Интересно и то, что астрономы заметили его всего лишь за 4 дня до сближения с Землей.

Мы привели примеры уже случившихся катастроф. Что же ждет нас в будущем? К счастью, в настоящее время ученые располагают совершенной техникой (мощными телескопами, летающими космическими аппаратами), которая может помочь определить траекторию движения различных небесных тел и моделировать ситуацию сближения и падения их на Землю.

Астрономы установили, что 1 февраля 2019 г. астероид №2002-NY-7 диаметром 2 км пролетит мимо Земли. Астрономы проверяют, какова вероятность столкновения с ним в феврале 2060 г.

В апреле 2036 г. астероид Апофис диаметром 390 м пролетит рядом с Землей. Если он окажется на расстоянии 304045 км от нашей планеты, то попадет в так называемую «замочную скважину». Сила притяжения Земли изменит траекторию Апофиса, и в следующий раз, 13 апреля 2036 г., вероятность столкновения с ним будет близка к 100%.

И, наконец, 16 марта 2880 г. астероид №1950 – DA размером 1 км может столкнуться с Землей. Моделирование показало, что в результате в океане поднимется волна высотой 120 м.

Таким образом, предотвратить глобальную катастрофу, которая может изменить и даже уничтожить жизнь человека на земле могут только ученые с помощью новейшей техники и моделирования на мощнейших компьютерах, связанных в единую сеть, что позволяет работать сообща астрономам всего мира.

Пустыни наступают?

По прогнозам ООН, одной из главных проблем в мире является потеря продуктивности земель, что приводит к опустыниванию, особенно в засушливых регионах. Главная причина этого явления – уничтожение лесов и кустарников, применение нерациональных форм земледелия, чрезмерный выпас скота. Эти процессы начались еще несколько тысячелетий назад. Процессы опустынивания особенно активно проявляются в Африке (Сахара, Сахель), Средиземноморье, на Ближнем Востоке, в Центральной Азии, аридных областях Америки и Австралии, а также Средней Азии, Прикаспийской низменности. Опустынивание охватывает более 100 стран мира с населением свыше 1 млрд. человек. Особенно значительных размеров оно достигло в Африке. Так, площадь Сахары за исторический период использования ее человеком увеличилась в 2 раза, теперь ее территория увеличивается по направлению к югу со скоростью 1 км в год. Общий годовой прирост пустынь в мире составляет около 50000 км². Например, более

чем на 60% пастбищ мира имеет место перевыпас, когда увеличивается нагрузка на землю, уничтожаются луговые биоценозы (поедание животными растений), приходят в движение пески. В засушливые годы процесс опустынивания приобретает катастрофический характер. Например, в результате засухи 1968-1973 гг., которая охватила территорию между бассейнами рек Сенегал и Верхний Нигер от нехватки воды погибло 250 тыс. человек и около 70% домашних животных. Чрезмерный выпас скота и вырубка лесов привели к опустыниванию земель в Средиземноморье. Если в период расцвета греческой культуры в Греции 65% территории было занято лесами, то сейчас – только 15%. Люди освобождали землю от леса, чтобы пасти скот и выращивать сельскохозяйственные культуры.

В настоящее время пустыни искусственного техногенного происхождения занимают до 20% от общей площади пустынь в мире. За весь исторический период развития человечество потеряло почти 2 млрд. га продуктивных земель.

Еще в 1948 г. американец Генри Осборн опубликовал книгу, в которой содержится прогноз того, что значительная часть мира в ближайшем будущем превратится в пустыню. Он считал, что главной причиной образования пустынь Африки, Ближнего Востока, Средней Азии является деятельность человека в прежние века. Прогнозы Осборна начинают сбываться. Так, четверть территории Испании уже превращена в безжизненную равнину, покрытую песчаными дюнами, единственное оставшееся в стране болото стало уникальным туристическим объектом. Испания может стать своего рода европейской Сахарой. В северной Африке опустыниваем охвачено 65 млн. га пастбищ, в аргентинской пампе на 10 га сельскохозяйственных угодий приходится 10 голов животных.

Борьба с опустыниванием включает комплекс мероприятий, которые учитывают региональные особенности каждой территории. Важное значение имеют сохранение в естественном виде растительности, регулирование нагрузок домашних и диких животных на пастбища, создание искусственных защитных насаждений, орошение и обводнение территорий. Так, на севере Сахары по выполняемой Алжиром программе создается «зеленый» пояс, посадка деревьев осуществляется полосой шириной 25-30 км, длиной 1500 км. Лесная полоса должна защитить земледельческие территории от сухих ветров пустыни. На юге Сахары строятся два гидроузла, которые снабдят водой площадь более 1 млн. га и помогут создать оазисы земледелия.

Когда наступит новый потоп?

Другая, не менее важная проблема, связана с возможностью нового всемирного потопы. Мы знаем, что мировой климат все время меняется. В прошлом бывало и теплее, и холоднее, чем сейчас. Более 65 млн. лет назад, когда по Земле бродили динозавры, полярных шапок не было, в теперешних поясах умеренного климата росли тропические леса. На протяжении нескольких последних миллионов лет бывали времена, когда из полярных областей к югу сползали огромные ледники. Возможно, в будущем повторится ледниковый

период, а может быть, наступит сильное потепление. Существуют естественные причины изменения климата, однако и деятельность человека оказывает на него огромное влияние.

Миф о Всемирном потопе есть у многих народов, обитающих далеко друг от друга. Исследователи считают, что история о потопе стала отражением глобального процесса подъема уровня Мирового океана. Известно, что последнее покровное оледенение в Северном полушарии исчезло как раз 8-10 тысяч лет назад. Уровень моря мог подняться на 50 м. Шестеро ученых из ведущих научных институтов США опубликовали предостережение: межправительственная группа экспертов по изменению климата недооценивает последствия глобального потепления. Из-за таяния ледников подлинный рост уровня Мирового океана может составить несколько метров, а не 40 см, как эксперты предсказывали ранее. Это значит, что целые прибрежные государства уйдут под воду к 2100 г. Каковы же причины такой ситуации? Дело в том, что человечество активно вносит вклад в процесс потепления, производя слишком много углекислого газа (образуется при сжигании органического топлива) и других газов, называемых парниковыми. Эти газы удерживают тепловое излучение Земли, которое иначе ушло бы в космос, и создают «парниковый эффект». За последние 100 лет температура атмосферы Земли повысилась на 0,5°. При бесконтрольном поступлении парниковых газов в атмосферу Земля будет быстрее нагреваться, площадь вечных льдов будет сокращаться, произойдет отступление к северу границы вечной мерзлоты, таяние ледников в горах и результатом этого окажется подъем уровня Мирового океана.

Колебания уровня океана в результате изменения наклона земной оси

Резкие подъемы уровня моря в прошлом неоднократно приводили к потопам, сведения о которых отразились в ряде преданий и мифов разных народов.

Интересно проследить изменение уровня Черного моря за последние 3 тысячи лет. К началу нашей эры уровень Черного моря был выше современного на 2 метра. В последующем он 3 раза опускался ниже современного примерно на 1,2-2 метра и дважды возрастал примерно на 0,5 метра выше современного. Считается, что в период самого низкого уровня моря в VIII-VII веках до нашей эры произошел катастрофический прорыв вод из Северного, Балтийского и Белого морей в Черное море. Уровень Черного моря в этот период превышал современное значение на 80-100 метров. К такому выводу пришли на основе изучения водной фауны. В водах Черного моря обнаружено 200 видов различных организмов, типичных представителей Балтийского, Белого и Северного морей. Отсутствие их подвидов говорит о недавнем их проявлении в Черном море.

Сведения об этом катастрофическом наводнении мы находим у северных и южных народов. О нем рассказывают эстонцы, финны, шведы. Писали о нем и древнегреческие авторы Клитарх и Филемон, указавшие, что волны Балтийского моря достигли Черного моря. От них еле-еле спаслись кимвроские всадники.

Археологи указывают на отсутствие археологических памятников в период VIII-VII веков до нашей эры. Жившие в Причерноморье киммерийцы куда-то исчезли, а через 50 лет эту опустевшую местность заселили скифы.

Считается, что прорыв вод связан с изменением угла оси вращения Земли. Подтверждением этому могут служить расчеты для двух углов изменения оси вращения Земли на $54^{\circ} 4'$ и $27^{\circ} 2'$. При наклоне оси вращения на $54^{\circ} 4'$ затопляются Западно-Сибирская низменность, значительная часть Европы и северо-восточная часть Африки, Уральский хребет. Скандинавский полуостров и западная Европа выглядят в виде островных архипелагов. При изменении угла наклона оси вращения Земли на $27^{\circ} 2'$ затопляется часть Западно-Сибирской низменности, а Черное, Каспийское и Аральское моря соединяются в единый бассейн, связанный со Средиземным морем.

Смещение оси вращения Земли в рассматриваемый период связывается с активизацией тектонической деятельности планеты. Такие явления могут происходить под воздействием приливных сил космического тела астероидных размеров, вращающегося вокруг Солнца по орбите, близкой к земной. Заметим, что изменения наклона оси вращения Земли могут происходить и при падении и на нее тел астероидных размеров. В истории Земли такие явления происходили неоднократно.

Подтверждением факта перераспределения суши и моря может служить и возникновение сухопутного моста между Азией и Северной Америкой, называемого Берингией. Известно, что в период VIII-VII веков до нашей эры произошла миграция эскимосов из Северной Америки в Азию и заселение ими Алеутских островов.

Из изложенного видно, что катастрофические изменения уровня моря могут оказывать существенное влияние на поселения людей, опустошая отдельные регионы на длительные периоды.

Землетрясения и цунами

Самым катастрофическим за всю историю человечества стало цунами 26 декабря 2004 г., вызванное подводным землетрясением в Индийском океане у острова Суматра. Трудно себе представить, какая колоссальная энергия расходуется при движении пород, слагающих земную поверхность. Напряжение, вызванное движением плит земной коры, накапливается годами и наступает момент, когда породы не выдерживают: они смещаются, порождая сейсмические волны. Землетрясения вызывают не только катастрофические разрушения и гибель миллионов людей, но и порождают гигантские волны – цунами. Место образования такой волны находится над фокусом землетрясения. Колебания распространяются по воде со скоростью до нескольких сот километров в час. Достигая берега, они замедляются и порождают волны высотой до 100 м. Цунами обрушивается на берег, сметая все на своем пути. Высота волн достигала 15 м. Погибло, по разным оценкам, от 165 до 234 тысяч человек. Наиболее известным является цунами 18 июня 1896 г. у побережья Японии, которое унесло жизни 28

тысяч человек, а 20-метровая волна, зародившаяся 5 ноября 1952 г. у островов Курильской гряды, погубила 14 тысяч человек, в том числе почти все население города Северо-Курильска. Кроме землетрясений, гигантские волны могут быть вызваны и обвалами горных пород. Так, один из склонов вулкана на острове Сан-Мигель-де-ля-Пальма Канарского архипелага наполовину откололся и при очередном извержении вулкана грозит обвалиться в море. Объем оползня составит 500 км³, что образует водяной купол высотой 900 м. Гигантские волны начнут распространяться со скоростью 800 км в час. До Африки дойдет волна высотой 100 метров, на Британские острова обрушится 12-метровый вал, а у берегов Америки цунами достигнет 50 м. Этого достаточно, чтобы затопить Нью-Йорк, Вашингтон, Майами, Бостон. При этом волна продвинется вглубь континента на 10 км.

Природные катаклизмы и явления

Одной из наиболее значительных природных катастроф является извержение вулканов. Вулканы извергаются там, где происходит сталкивание, надвиг, сдвиг или горизонтальное смещение тектонических плит. Поток раскаленной магмы выходит на поверхность, т.к. ее толкает вверх давление горячих газов. Расплавляя на своем пути горные породы, магма прокладывает в их толще канал, по которому со взрывом извергается на поверхность. Остывшие лава и попел наслаиваются друг на друга и со временем образуют гору конической формы с кратером на вершине. Большинство вулканов активны не всегда, в периоды между извержениями их называют потухшими. Сейчас в мире насчитывается около 850 действующих вулканов.

Вулканы не только опасны для жизни людей живущих у их подножий, но и опасны для климата, особенно те, которые выбрасывают аэрозоли и газ в атмосферу. Если в выбросах много серы, то в дальнейшем образуются мелкие капельки серной кислоты. Последние могут длительное время, иногда 1-3 года, находиться в стратосфере и снижать приток солнечной радиации к Земле.

Крупные вулканические извержения имели огромные трагические последствия в жизни не только народов, живущих вблизи вулканов, но и в региональных и глобальных масштабах сильного похолодания климата и других природных явлений.

В книге Л.И. Девиса «Природные катастрофы» (1996) описаны последствия извержения многих крупных вулканов. Остановимся на некоторых из них.

Летом 1470 г. до н.э. в Эгейском море (Греция) произошло вулканическое извержение вулкана Санторин. Оно стало причиной главных доисторических событий, описанных Платоном и подтвержденных библией:

- исчезновение в течение одной ночи Атлантиды;
- «расступившееся» Красное море;
- исход сынов Израилевых из Египта, поскольку над ними сгустилась тьма (тьма египетская);
- исчезновение Минойской культуры.

После этого гигантского взрыва вулканическим пеплом покрылась площадь 200000 км². Выбросы аэрозоля и газов закрыли Солнце, над Египтом и восточной частью Средиземного моря сгустилась темнота, которая длилась несколько дней или даже недель. До извержения на острове находилась цивилизация империи Атлантида, которая была уничтожена.

Исчезновение первой реальной цивилизации на территории Средиземноморья - Минойской культуры, которая развивалась на о. Крит и прилегающих к нему островах, - также произошло около 1400 г. до н.э.

Предполагается, что Минойская цивилизация не была разрушена захватчиками, а похоронена под слоем пемзы. Извержение Санторина происходило в 120 км к северу от о. Крит, гигантские волны-цунами разрушили большую часть Минойской цивилизации. Оставшиеся в живых переселились в Грецию, где основали Микенскую культуру.

Извержение Санторина совпадает по времени с библейским мифом о «расступившихся водах» Красного моря, что позволило сынам Израилевым сбежать от преследующих их войск фараона. «Расступившаяся вода» - это отступление моря за полчаса до удара цунами. В это время возможно обнажение большой площади морского дна недалеко от берега.

1450 г. до н.э. называется знатоками Библии временем исхода евреев из Египта. Сгустившаяся темнота была вызвана вулканическим облаком пепла, которое закрыло Солнце на несколько дней.

Тамборо, 5-12 апреля 1815 г. (Индонезия, о. Сумбава). По приблизительным подсчетам, около 150 млн. т газов, аэрозолей и крупных обломков выброшено во время извержения, которое «вызвало год без лета». Почти 49 000 жителей погибли во время этого взрыва. 4 июля этого года в Европе люди надевали пальто, белье замерзло на веревках. Во Франции зерно на рынках охранялось от голодающих горожан.

Произошло уникальное явление: образовался гигантский вихрь, который смел почти все дома деревни Сагар в 40 км от центра извержения. Возникли огромные волны - цунами высотой 35-50 м. Отхлынув от острова, вода обрушилась на соседние острова и стала причиной гибели сотен людей. Темное аэрозольное облако закрыло Солнце в радиусе 650 км и вызвало трехдневную «ночь». Почти метровый слой покрыл о. Тамбак в 160 км от Тамборо.

Кракатау, 26-27 августа 1883 г. (Индонезия). 200 000 человек погибли от огня расплавленной лавы. Аэрозоль достиг высоты средней стратосферы - 27 км, а по другим оценкам - мезосферы - 80 км. Возникшие ударные волны 7 раз обошли вокруг Земли. Извержение было видно с расстояния более 65 км. Утром 27 августа от Кракатау распространилось несколько больших приливных волн, вызванных разрушением северной части острова. Звук взрыва был зарегистрирован на о. Родригес в Индийском океане.

Сейсмическая приливная волна образовалась через полчаса после извержения, в результате чего пострадали более 36 000 человек (по другим данным 80 000 человек). Немецкий военный корабль был подхвачен цунами в районе о. Суматра и заброшен на 3 км в глубь острова, на высоту 9 м над уровнем моря. Две трети территории о. Кракатау

исчезли, образовалась большая впадина на дне моря, достигшая глубины 270 м. Возникли странные оптические явления: солнце казалось синим, а луна — ярко-зеленой.

Пинатубо, 10-15 июня 1991 г. (Филиппины). Вулкан Пинатубо имеет высоту 1219 м. 12 июня вулкан взорвался, выбросив серо-зеленое грибовидное облако. Потоки газа, пепла и расплавленных горных пород хлынули по склонам со скоростью до 100 км в час. Облако и падающий из него пепел достигли Сингапура (2400 км). Вулкан выбрасывал пепел 12 июня на высоту 24 300 м, а 14 июня еще 8 извержений выбросили пепел и пар на высоту 49 км. Возникший 14 июля тайфун затопил местность. Грязевые потоки и наводнения смывали дома. Погибло 200 человек, 100 000 человек лишились крова, урожай риса оказался под слоем пепла. В провинции Замбалес все было покрыто 90-сантиметровым слоем пепла и вулканических обломков.

Вопросы оценки и механизмов влияния аэрозолей вулканического и антропогенного происхождения на климат являются более изученными по сравнению с солнечной активностью. Но вначале о климатических последствиях вулканических извержений.

Сравнительная оценка снижения прямой солнечной радиации после извержения вулканов на станциях СНГ показала, что она колеблется от 2-4 % (вулканы Фуэго, Суфриер, Сент-Хеленс, Аделаид, Агунг) до 10-25 % (вулканы Мон-Пеле, Катмай, Кракатау, Эль-Чичон, Пинатубо). В высоких широтах зимой после извержения вулкана Эль-Чичон отрицательные аномалии прямой радиации достигали 26,5 %. Последнее извержение вулкана Пинатубо привело к снижению прямой радиации более чем на 25 %. Снижение значений суммарной солнечной радиации после таких крупных вулканических извержений, как Эль-Чичон и Пинатубо, составило 4,5-5 %.

Эффективность влияния вулканического аэрозоля на климат определяется широтой вулканического извержения, циркуляцией атмосферы, а самое главное — типом и мощностью вулканического извержения.

Средние по мощности вулканы, выбрасывающие в атмосферу много сернистого аэрозоля, обеспечивали снижение глобальной температуры на 0.05-0.20°C в зависимости от месяца года в первые 1-2 года после вулканического извержения. Если взять в расчет только самые крупные вулканические извержения, то уменьшение температуры составит в среднем 0.2-0.3°C. Зимой температура после вулканических извержений возрастает. Это один из известных «парадоксов» связи «вулканы-климат». Существуют также значительные пространственные особенности проявления вулканического «сигнала» в изменении климата. Так, в субтропических широтах наблюдается повышение давления, а в высоких широтах зимой и весной давление после вулканических извержений понижается. Летом после вулканических извержений над океанами происходит понижение давления, а над материками — повышение, что ослабляет муссонную циркуляцию. Весной интенсивность Атлантического минимума и Азорского максимума повышается, что интенсифицирует западную циркуляцию и, как следствие, рост температуры. После крупных вулканических извержений происходит увеличение

количества осадков зимой в Западной Европе, что также подтверждает вывод об усилении зональной циркуляции после извержения вулканов.

В Беларуси после крупных извержений также наблюдается снижение температуры в теплое время года и рост температуры, особенно на севере Беларуси зимой.

Катастрофы: случайные события или закономерность развития природы

Впервые внимание исследователей к катастрофическим явлениям привлек французский ученый – основоположник палеонтологии и сравнительной анатомии Жорж Кювье. Он считал, что в прошлом развитие биосферы Земли проходило через ряд глобальных катастроф, приводивших к вымиранию многочисленных организмов, населявших планету. Учение Кювье о катастрофизме оказало заметное влияние на науку о закономерной смене одних форм органического мира другими в истории Земли в неразрывной связи с развитием окружающей среды.

В дальнейшем в основном под влиянием Чарльза Лайелля учение о катастрофизме большинством ученых было отвергнуто.

Становление эволюционного учения о развитии животного и растительного мира связано с именем, как было показано в главе 2, Ч. Дарвина. В соответствии с этим учением в настоящее время считается, что фундаментальными движущими факторами биологической эволюции является естественный отбор и направленный мутагенез.

Познавая процесс эволюции биосферы, натуралисты начали понимать, что главный процесс развития живой природы временами нарушался какими-то экстремальными явлениями. На это, в частности, указывали Э.Зюсс, Л.С. Берг, В.И. Вернадский, А.Н. Криштофович и др. Так, В.И. Вернадский в свое время, отмечая наличие связи между земными и космическими процессами, писал о том, что выводы геологии не менее важны для планетной астрономии, чем выводы этой последней для геологии.

К настоящему времени накоплено много фактов, подтверждающих, что в отдельные переломные моменты истории Земли происходили массовые вымирания многих видов организмов. Имеющийся материал подвергли статистической обработке и доказали, что за фанерозойский период жизни Земли (570 миллионов лет) такие события на нашей планете происходили неоднократно.

Одни исследователи, в частности, обратили внимание на корреляцию периодичности кратерообразования на планете с массовыми вымираниями биоты и их связи с климатическими факторами, обусловленными поднятием в атмосферу огромных масс пыли и уменьшением прозрачности атмосферы. Другие исследователи считают, что гибель организмов связана с поступлением в атмосферу вулканической пыли. Третьи полагают, что гибель биоты связана с поступлением в гидросферу урана и других химических элементов магматическими растворами при рифтогенезе (раздвижении литосферных плит). Четвертые считают, что за гибель организмов ответственны инверсии геомагнитного поля, пятые – вспышки сверхновых звезд и т.д.

Вместе с тем в последние годы накапливается все больше фактов, подтверждающих, что многие из вышеперечисленных явлений взаимосвязаны. Так, все

больше ученых убеждаются в том, что при падении астероидов на поверхность Земли происходит не только поднятие пыли в атмосферу, но и оживление вулканизма, землетрясений, инверсий геомагнитного поля и т.д. Эти факторы оказывают воздействие на биосферу не порознь, а совместно. Исследователи разных наук установили, что эти явления проявляются с периодичностью около 30 миллионов лет на протяжении 600 миллионов лет развития Земли. За этот период выявлено 20 таких критических эпох.

К настоящему времени исследователи поняли, что процесс мутаций в организмах происходит непрерывно и усиливается в критические эпохи. Возникавшие при этом «уродцы» в процессе плавного развития биосферы не выдержали бы конкуренции и погибли, т.е. оказались бы нежизнеспособными. Однако критические эпохи, когда происходит массовая гибель многих организмов, некоторые из таких уродов (мутантов) в отсутствие конкуренции приспосабливаются к новым условиям и в ходе естественного отбора дают новые виды. Считается, что для протекания эволюционного процесса нужна хорошая «встряска», которая проявляется в критические эпохи эволюции биосферы. В эти периоды формообразование принимает взрывной характер. Без кризисных эпох эволюция давно бы остановилась, а может быть, и не началась.

Американские астрофизики Д. Уитмар и Д. Матис считают, что причиной катастроф служит 10-я планета, располагающаяся от Солнца на расстоянии от 50 до 100 астрономических единиц. Масса этой планеты составляет от 1 до 5 масс Земли. Двигается планета по эллиптической орбите, наклонной под углом 45° к плоскости эклиптики (т.е. той, в которой движется Земля при вращении вокруг Солнца). Период обращения 10-й планеты оценивается примерно в 1000 лет. Эта планета сбивает некоторые кометы и астероиды с орбит, что приводит к падению отдельных из них на Землю. Подтверждением существования 10-й планеты служат такие факты. В XIX и начале XX века астрономы наблюдали эффект возмущения траекторий орбит Урана и Нептуна. Это, по мнению специалистов, указывает на то, что 10-я планета находилась, в то время, вблизи Урана и Нептуна.

Почему вымерли динозавры?

Динозавры появились на Земле 290 миллионов лет назад и господствовали на ней в течение более чем 100 миллионов лет. Массовая гибель динозавров произошла на границе двух геологических периодов – мела и палеогена – 65 миллионов лет назад. На границе этих периодов ученые обнаружили резкий переход, о котором и будет рассказано ниже.

Палеонтологи при раскопках находят все новые виды этих вымерших животных. Среди них встречаются как карлики, так и гиганты. Так, в США недавно обнаружены скелеты отдельных исполинов массой до 5—80 тонн, а в Китае – длинношеее животное длиной 30 метров. Длина одного шейного позвонка этого гиганта достигает 3 метров.

Динозавры питались в основном растительностью, но были среди них и хищники. Быстрый прогресс динозавров связан с ростом концентрации кислорода в атмосфере: его

содержание превышало современное в 1,5 раза. Для перемещения в пространстве ящерам необходимо было много энергии, которую они черпали, в частности, и за счет расходования повышенных количеств кислорода. С уменьшением количества кислорода в атмосфере происходит угнетение динозавров. Но это, конечно, только одна из причин их исчезновения, причем не главная. Следует указать еще и такие причины: в период существования динозавров в атмосфере содержались повышенные концентрации углекислого газа, превышающие современные примерно в 5 раз. Таким образом, при 5-кратном увеличении углекислого газа температура воздуха была выше современной на 12,5°C. Спад концентрации кислорода в атмосфере привел к понижению в 1,5 раза концентрации углекислого газа (она стала выше современной в 3 раза). Это привело к снижению температуры в этот период на 5°C.

Заметим также, что среди динозавров были летающие гиганты с размахом крыльев до 11 метров. Ученые долго не могли понять, как им удавалось держаться в воздухе.

Исследования содержания газов в ископаемом янтаре возрастом 80 миллионов лет, показали, что в то время давление газа было выше современного в 10 раз. Кислорода в нем содержалось 32 процента. Таким образом, более плотная атмосфера способствовала полету гигантских летающих «крепостей».

Ученые установили также, что 65 миллионов лет назад исчезли не только динозавры, но и более половины всех других видов животных. По мнению многих исследователей, гибель животных связана с падением на Землю одного или нескольких крупных тел массой порядка 10^{12} тонн. При ударе их поверхность планеты в атмосферу было поднято огромное количество пыли, что резко сократило прозрачность и стало причиной глобального похолодания и массовой гибели большого числа организмов. Американские исследователи считают, что причиной гибели послужил гигантский пожар, возникший в результате падения астероида. Сначала он возник в регионе падения астероида, а затем перекинулся на другие континенты. Поднявшиеся в воздух пыль и сажа резко понизили прозрачность атмосферы, что привело к охлаждению Земли и гибели динозавров и других существ. В отложениях возрастом 65 миллионов лет ученые нашли слой сажи, подтверждающий эту гипотезу.

В одном из сценариев ученые исследовали вариант падения 65 миллионов лет назад льдистой кометы массой 10^{13} тонн со скоростью 65 километров в секунду, а в другом – железоканменного астероида $5 \cdot 10^{11}$ тонн, вторгшегося в атмосферу со скоростью 20 километров в секунду.

В обоих случаях образуются окись азота NO , разрушающая озоновый экран. В итоге в течение нескольких минут или часов после катастрофы – падения кометы – возникает окись азота в количестве 0,1 процента во всей атмосфере Земли. При взаимодействии окиси и двуокиси азота с водой возникают азотная (HNO_3) и азотистая (HNO_2) кислоты. Присутствие паров воды в атмосфере ведет к растворению их и выпадению на поверхность Земли. В итоге в первый год после

катастрофы концентрация названных кислот в пресных водоемах повышалась до нескольких граммов на литр.

Под воздействием кислотных дождей происходит торможение процесса фотосинтеза в связи с поглощением солнечного излучения молекулами двуокиси азота. Кроме того, из почв интенсивно извлекаются микроэлементы бериллий, ртуть, таллий и другие, весьма токсичные для многих организмов. Попадая вместе с воздухом в дыхательные пути, пары токсичной воды повреждают их, что ведет к гибели организмов. Растения суши катастрофически теряют листву, что также ведет к их гибели.

Естественно, погибли не все ящеры. Так на индонезийских островах Комодо, Ринджа, Парар и Флорес сохранились вараны длиной свыше 3 метров. В пищу они используют копытных, обезьян и падаль. Зафиксированы и случаи нападения на людей. Другие представители племени рептилий – крокодилы, водящиеся в жарких странах. Все пернатые – от воробья до страуса – это потомки летающих ящеров.

Некоторые ученые считают, что если бы не было массовой гибели динозавров, то их эволюция в конце концов могла бы привести к появлению высокоразвитых существ, значительно отличающихся по внешнему облику от людей. Такой вывод сделан на основе изучения многочисленных останков. Одна из ветвей, со временем, задолго до появления Homo sapiens, могла бы привести к возникновению разумного существа. Ученые пришли к выводу о том, что их развитие могло бы привести к возникновению «Dino sapiens» (от слова динозавр). Это существо стало бы прямоходящим, ростом 1 метр 35 сантиметров. Оно лишилось бы хвоста. Руки и ноги Dino sapiens имели бы по три пальца, тело его было бы покрыто прочной чешуей. Лицо этого существа значительно бы отличалось от человеческого: глазницы занимали бы около четверти лица, а зрачки были бы щелевидными. Однако Dino sapiens не появился. В связи с этим подчеркнем, что на планетах других звездных систем высокоразвитые существа могут иметь совершенно невероятный с нашей точки зрения облик.

Оружие вместо хлеба, или когда мы поумнеем

Человечество страдает на Земле от голода, нехватки воды, но в то же время стремительно продолжается наращивание численности вооружений, а также многие страны стремятся иметь ядерное оружие. Одна атомная бомба может в секунды уничтожить большой город вместе с населением. Накопленного ядерного оружия достаточно, чтобы уничтожить все живое на земле. Иногда политики называют ядерное оружие «оружием сдерживания» - страх перед атомной войной удерживает мир от его применения.

Первая угроза самоуничтожения человечества вошла в историю как Карибский кризис. Самолеты США обнаружили у берегов Кубы советские ракеты. Кризис продолжался 38 дней и мог закончиться взаимными бомбардировками и ядерной войной. Путем переговоров конфликт удалось погасить.

Сегодня в мире насчитывается более 25 тысяч ядерных зарядов. В состоянии боеготовности находится примерно половина из них. Мировые ядерные лидеры: США, Россия, Франция, Великобритания, Китай, а также Пакистан, Индия, Израиль, Северная Корея. На пороге создания атомной бомбы находятся несколько государств.

Если человечество начнет ядерную войну, то при обмене ядерными ударами возникнут пожары, которые приведут к выбросам огромного количества сажевых аэрозолей размером 0,1-1 мкм. Они активно поглощают коротковолновую радиацию и почти прозрачны для длинноволнового излучения. Это приведет к тому, что земная поверхность и нижний слой атмосферы будут охлаждаться, а верхняя тропосфера и нижняя стратосфера, где будут в основном располагаться сажевые аэрозоли, - нагреваться. Если принять сценарий ядерной войны, при которой мощность ядерного удара будет составлять 6500 Мт (приблизительно половина запасов ядерного оружия), то это приведет к поражению около 1000 городов, нефтехранилищ, нефтяных промыслов, а также к лесным пожарам площадью около 1 млн. км². По разным оценкам в атмосферу будет выброшено от 180 до 2000 млн т аэрозолей. Этот выброс будет на 20-30 % больше по сравнению с суммарным выбросом вулкана Тамбора (1815 г.) и в 5-7 раз превысит выброс аэрозолей вулканическими извержениями Гила Пинатубо (1991 г.), которое привело к понижению глобальной температуры в теплые время года на величину около 0,2-0,3 °С. Считается, что от 5 до 10 % частиц дыма и аэрозолей во время ядерной войны попадут в стратосферу, где они будут находиться несколько месяцев или даже больше.

Модельные оценки климатических последствий ядерной войны свидетельствуют о сильном охлаждении воздуха у поверхности Земли и в нижних слоях тропосферы и нижней стратосферы. Наибольшее понижение температуры наблюдается между 14-м и 35-м днями после ядерного удара и зависит от принятых предположений о прозрачности атмосферы. Более сложные трехмерные модели общей циркуляции атмосферы показывают понижение температуры на 40° К на материках и 10° К - над океанами на 4-й день после ядерного удара. Следует отметить, что модельные оценки понижения температуры, рассчитанные для разных условий прозрачности атмосферы после ядерной войны, могут различаться, но все они свидетельствуют о возможности управления «ядерной» зимой на Земле при использовании всего половины накопленного ядерного оружия. Последствия «ядерной» зимы носят катастрофический характер для всего человечества.

Экологические последствия крупных технических проектов

На земном шаре существует множество сооружений, построенных как в древности, так и в наше время, которые являются, по сути, чудесами света и человеческой изобретательности. Это и небоскребы, и искусственные острова, и огромные дамбы, и плотины. Все эти сооружения построены с учетом рекомендаций многих специалистов в разных областях знания: геологов, гидрогеологов, океанологов, геоморфологов, экологов, инженеров. Обязательным и общим для каждого проекта является тот факт, что заключение о безопасности и безвредности для окружающей среды должны дать все указанные выше

специалисты-эксперты. Они осуществляют экспертизу проекта и моделируют различные ситуации влияния объекта на природу и людей.

Но в истории бывали случаи, когда гигантские проекты осуществляли или планировали осуществить без участия компетентных экспертов. В тоталитарных государствах чаще всего все зависело от воли вождя. Ниже мы рассмотрим крупные технические проекты в СССР, России, СНГ, которые имели или могли иметь экологические последствия.

Дворец Советов в Москве. В 30-х годах XX в. предполагалось построить на месте разрушенного храма Христа Спасителя административное здание высотой 415 м со статуей Ленина на крыше. Проект был приостановлен в связи с началом Великой Отечественной войны, окончательно закрыт в 1961 г. Сооружение такого типа оказало бы огромное влияние на инженерно-экологические условия г. Москвы, нарушив гидрологический режим, микроклиматические условия и многое другое.

Сахалинский тоннель. В 50-х годах XX в. обсуждался проект по установлению надежной транспортной связи острова Сахалин с материком. Планировалось строительство подземного тоннеля с железной дорогой длиной 10 км под Татарским проливом. После смерти И. Сталина работы были прекращены. В 90-е годы XX в. с предложением об их возобновлении в новых условиях выступил министр путей сообщения России Н. Аксёненко. Вопрос до сих пор не решен из-за многомиллионной стоимости проекта и непросчитанных экологических последствий.

Кукурузная эпоха Н.С. Хрущева. В период 1955-1964 гг. первым секретарем ЦК КПСС Н.С. Хрущевым после посещения им США и Канады была выдвинута идея о повсеместном внедрении в сельское хозяйство СССР кукурузы как панацеи от всех проблем. В результате эксперимента площади, отведенные в СССР под кукурузу, увеличились более чем в 2 раза. В то же время посевы традиционных культур катастрофически сократились. В результате «вторым хлебом» кукуруза так и не стала, а с середины 60-х годов возникли трудности со снабжением населения обычным хлебом и обеспечением сельского хозяйства кормами.

Ликвидация «неперспективных» деревень в нечерноземной зоне России и некоторых регионах Беларуси. В 1960-1980 гг. по решению Правительства СССР и ЦК КПСС только в нечерноземной зоне Российской Федерации из 149 тысяч деревень и сёл планировалось оставить только 29 тысяч. В результате многие из «приговоренных» поселений исчезли, но отток местных жителей лишь усилился и местная деревня еще больше захирела. В этот же период в БССР проводилась ликвидация хуторов и малых деревень, что привело, например, в Витебской области к серьёзному демографическому кризису в сельской местности, который продолжается и в настоящее время.

Полярный Гольфстрим. В 1956 г. советскими учеными был предложен проект создания нового теплого течения у берегов Камчатки и Чукотки для смягчения климата. Предполагалось построить мощную плотину и

электростанцию в Беринговом проливе. А затем направлять теплые воды Тихого океана на Крайний Север с помощью сотен гигантских пропеллерных насосов, приводимых в действие энергией атомных электростанций. Однако проект не был реализован. Экологические последствия проекта были бы катастрофическими (таяние полярных льдов, вечной мерзлоты, резкое потепление климата и т.д.).

Поворот сибирских рек. Дважды в XX и XXI вв. в 1970-1980 гг. и в 2002 г. (Ю.М.Лужков с группой ученых института «Водгео») выдвигали идею поворота сибирских рек на юг (в Среднюю Азию). Суть проекта состояла в следующем. Еще при И.Сталине родилась идея переброски северных рек России в Среднюю Азию для улучшения мелиорации. Проект начали всерьез разрабатывать еще при Н.Хрущеве (предварительная стоимость – 32 млрд. 800 млн. рублей). Однако в 1986 г. проект был закрыт. В 2002 г. Ю.М.Лужков предложил реанимировать идею. Новая предварительная смета составила 40 млрд. долларов. Его поддерживали президенты среднеазиатских республик Ислам Каримов и Нурсултан Назарбаев. Однако проект и в этот раз не был осуществлен. Реализация проекта вызвала бы серьезные климатические изменения на всей территории Евразии.

Космические зеркала. В 1990-е гг. прошлого века создан проект освещения северных городов и территорий России во время полярной ночи с помощью 24-х двухсотметровых зеркал из металлической фольги, размещенных на орбите Земли. В 1993 г. на орбитальной станции «Мир» проведен неудачный эксперимент, зеркало развернуть не удалось, после чего проект закрыли.

Проекты «Золотого века» Туркменбаши. Бывший президент Туркмении Сапармурат Ниязов распорядился до 2015 г. посадить в окрестностях Ашгабада реликтовый лес площадью 1000 км (стоимость проекта – 18 млн. долларов), а также создать в пустыне Каракумы зоопарк с арктическим климатом, куда планировалось переселить пингвинов. После смерти С.Ниязова эти проекты не были осуществлены. Зато в столице Туркмении было построено русло искусственной реки, протекающей в бетонном коробе, протяженностью 11 км, которая обеспечивается водой из подземных источников (стоимость проекта – 63 млн. долларов).

Подземный тоннель через Беларусь в Калининградскую область. В 2004 г. для решения проблемы транспортного сообщения с западным российским анклавом В.Жириновский предложил проложить подземный тоннель длиной 90 км, соединяющий Калининградскую область с Россией через Беларусь. Для сравнения: стоимость одного километра трассы московского метрополитена от 40 до 80 млн. долларов. Технически проект осуществим, однако поражает воображение его стоимость (сотни миллиардов долларов).

Скоростная автотрасса ЕРАА (Европа – Россия – Азия – Америка). Идея строительства скоростной автотрассы появилась давно. Инициаторы проекта ЕРАА развивают идею воссоединения трех континентов скоростной автомагистралью, которая начнется от Мадрида, далее Париж, Берлин, Варшава, Минск, Смоленск, Москва, затем два варианта: 1. Москва – Нижний Новгород – Чебоксары – Казань – Уфа – Челябинск – Курган – Тюмень – Ишим – Омск –

Новосибирск – (Томск) – Ачинск – Красноярск – Тайшет – Братск – Томмот – Якутск – Оймякон – Среднеколымск – Уэлен. 2. Тайшет – Нижнеудинск – Черемхово – Иркутск – Улан-Удэ – Чита – Свободный – Хабаровск – Владивосток. Часть затрат на строительство магистрали планируется погасить за счет территориально тяготеющих к ней месторождений полезных ископаемых.

К сожалению, хорошая идея плохо обеспечена экологическими обоснованиями, не составлен прогноз геоэкологических последствий.

*Проект строительства высокоскоростной железнодорожной
магистрали Санкт-Петербург – Москва.*

Высокоскоростные магистрали получили распространение в некоторых странах западной Европы и Японии. Они сосредоточены в староосвоенных густонаселенных районах и обычно связывают между собой городские агломерации. В СССР еще в 70-х гг. XX в. был поднят вопрос о строительстве высокоскоростной магистрали «Центр-Юг», которая связала бы Ленинград и Москву с Крымом и Кавказом. В апреле 1991 г. Государственная экспертная комиссия Госплана СССР признала необходимым строительство высокоскоростной магистрали Ленинград-Москва. В качестве основного варианта высокоскоростной магистрали был принят Новгородский, трасса которого была проложена западнее существующего направления Санкт-Петербург – Москва. Протяженность трассы – 659 км. Эксплуатационная скорость для поездов «Сокол» составляет 300-350 км/ч. Время в пути с остановками – 240 минут. Вместимость поезда 870 чел.

Предусматривалось соорудить двусторонние заборы вдоль трассы высотой 2-4 м, 15 больших мостов, 103 железнодорожных и автодорожных, 133 средних путепровода, 48 малых мостов, 595 труб, 27,9 км эстакад; объем земляных работ – 100 млн. м³. Стоимость строительства от 3-4 до 7-8 млрд. долларов.

В 1993-1994 гг. технико-экономическое обоснование строительства и модель реализации проекта рассматривались в рамках совместной экспертизы Государственных учреждений России. Несмотря на многочисленные замечания, технико-экономическое обоснование получило одобрение и рекомендацию к реализации. Экологические аспекты проекта по существу не рассматривались, так как в составе экспертов был лишь один географ-эколог.

Основные замечания и выводы технико-экономического обоснования. В технико-экономическом обосновании не были рассмотрены альтернативные варианты для достижения основной цели: по доступной цене массовому пассажиру относительно быстро и с удобствами следовать из Санкт-Петербурга в Москву и обратно. Наиболее существенные изъяны оценки экологического воздействия на окружающую среду следующие:

- технико-экономическое обоснование разработано в основном для Ленинградской и Новгородской областей, значительно меньше – для территории Тверской и Московской областей. Но именно для городской и пригородной среды двух столиц необходимо дать оценку воздействия на окружающую среду;

- отсутствуют данные по постоянному и временному землеотводам, по видам угодий и объектам строительства. Отсутствовала оценка изменений почвенного покрова в зоне влияния высокоскоростной магистрали;

- не учтены изменения лесорастительных условий и продуктивности лесов в зоне гидрогеологического влияния (насыпь железной дороги – плотина, подпорное сооружение);

- не учтено, что в условиях холмисто-моренного ледникового ландшафта с близким залеганием грунтовых вод и обилием верхних звеньев речной сети строительство не может не отразиться на гидрологическом режиме рек и озер;

- трасса высокоскоростной магистрали проходит по землям охраняемых природных территорий Валдайского государственного национального парка, зоны санитарной охраны Иваньковского водохранилища, территориям Усть-Волоцкого, Лисинского, Дудневского и Торжокского охотничьих заказников;

- проектанты оставили без внимания вопросы охраны памятников археологии, культуры. Отсутствовала даже их инвентаризация.

В связи с тем, что качество оценки воздействия на окружающую среду строительства в проекте весьма низкое и не соответствовало нормативным документам, так же то, что отсутствовали альтернативные варианты, информирование населения о строительстве, все это привело к отклонению в то время, проекта скоростной железнодорожной магистрали.

В настоящее время проект активно осуществляется в жизнь.

Природные катастрофы

Специалисты указывают на ухудшение обстановки с природными катаклизмами, обусловленное, прежде всего, мощным техногенным воздействием на биосферу и глобальным потеплением климата. Отмечается, что эта тенденция характерна для всех стран. Замечено, что наиболее быстро возрастает число катастроф с высоким экономическим ущербом. За последние 30 лет увеличилось в 4,1 раза. За это же время число катастроф с пострадавшими возросло в 3,5, а катастроф с погибшими – 2,1 раза.

Согласно данным экспертов США, стихийные бедствия обуславливают от 3 до 5 % преждевременной смертности и материальный ущерб около 1 % валового национального продукта (ВНП). С 1995 по 1997 год ликвидация последствий природных бедствий обходилась Америке в 50 млрд долл. в год, или 1 млрд долл. в неделю. В результате наводнений в 1991, 1994-1995 и 1998 годах Китай потерял от 20 до 30 млрд долл.

Между природными опасностями существует взаимная связь, одно явление может служить причиной, спусковым механизмом последующих. Это так называемая ***природная цепная реакция***, которая представляет собой цепь природных явлений, каждое из которых влечет за собой изменение других связанных с ним явлений. Так, например, исчезновение насекомого-опылителя делает невозможным плодоношение растения, а следовательно, появление новых поколений вида, размножающегося только

семенами. Это в свою очередь, ведет к исчезновению животных. Связанных с этим растением, а значит, их паразитов и т.д.

Укажем также, что природные катастрофы часто инициируют техногенные: прорыв плотин, пожары и взрывы, химические загрязнения и т.д., что естественно, увеличивает экономический ущерб.

ГЛАВА 5 ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЕКТОВ

Мы узнаем, нужно ли строить Вавилонскую башню, когда прилетит астероид-убийца, а также какие еще природные и техногенные катаклизмы угрожают существованию человечества на земле. Мы познакомим читателя с возможными последствиями ядерной зимы, эпидемий, крупных землетрясений, цунами, последствиями извержений вулканов, причинами вымирания цивилизации динозавров. Кроме того, вы узнаете о том, зачем разводить пингвинов в среднеазиатской пустыне, куда текут искусственные реки и будет ли построен подземный тоннель через Беларусь в Калининградскую область.

Опасность столкновения с космическим телом

Из главы 1 мы узнаем, что вокруг Солнца вращается множество планет. Помимо 9 крупных признанных спутников существуют еще миллионы малых, именуемых астероидами. Первый астероид Церера был открыт в 1801 г., сейчас же в каталоге астероидов их более 6000. Это каменные обломки размерами в поперечнике, часто до сотни километров, в большинстве своем вращаются в поясе астероидов – области между орбитами Марса и Юпитера. Существуют группы малых планет, которые пересекают орбиту Земли, например, малые планеты «Семьи Аполлона». Иногда на Землю падают их обломки. Будучи довольно большими, эти обломки не всегда сгорают в атмосфере, а достигают Земли.

Значительная часть населения планеты со страхом и интересом смотрит голливудские блокбастеры о столкновении нашей планеты с огромным астероидом, о падении метеоритов на города, целые страны и континенты, а также другие не менее увлекательные и зрелищные события. Какова же вероятность того, что Земля столкнется с крупным космическим телом и какие последствия это может вызвать? Проследим за хроникой падений астероидов и метеоритов, восстановленной учеными, и попытаемся дать прогноз будущих столкновений.

65 млн. лет назад на территории современной Мексики, на полуострове Юкатан упал астероид размером в поперечнике около 10 км. Предполагается, что именно его падение привело к образованию кратера диаметром около 180 км.

Удар астероида о землю вызвал цунами высотой до 100 м, а поднятые частицы пыли привели к эффекту ядерной зимы. В течение нескольких лет на поверхность Земли не проникали прямые солнечные лучи, в результате чего произошло массовое вымирание тогдашних животных. Имеется множество других следов падения астероидов и их обломков. Самый большой след от падения метеорита находится в Канаде. Диаметр кратера 200 км, возраст 1,85 млрд. лет. На территории нынешнего Красноярского края 35,5 млн. лет назад упал метеорит. От него осталась Попигайская котловина диаметром около 100 км.

Совсем недавно, в мае 1996 г., на расстоянии 477 тыс. км от Земли пролетел астероид диаметром 300 м. Интересно и то, что астрономы заметили его всего лишь за 4 дня до сближения с Землей.

Мы привели примеры уже случившихся катастроф. Что же ждет нас в будущем? К счастью, в настоящее время ученые располагают совершенной техникой (мощными телескопами, летающими космическими аппаратами), которая может помочь определить траекторию движения различных небесных тел и моделировать ситуацию сближения и падения их на Землю.

Астрономы установили, что 1 февраля 2019 г. астероид №2002-NP-7 диаметром 2 км пролетит мимо Земли. Астрономы проверяют, какова вероятность столкновения с ним в феврале 2060 г.

В апреле 2036 г. астероид Апофис диаметром 390 м пролетит рядом с Землей. Если он окажется на расстоянии 304045 км от нашей планеты, то попадет в так называемую «замочную скважину». Сила притяжения Земли изменит траекторию Апофиса, и в следующий раз, 13 апреля 2036 г., вероятность столкновения с ним будет близка к 100%.

И, наконец, 16 марта 2830 г. астероид №1950 – DA размером 1 км может столкнуться с Землей. Моделирование показало, что в результате в океане поднимется волна высотой 120 м.

Таким образом, предотвратить глобальную катастрофу, которая может изменить и даже уничтожить жизнь человека на земле могут только ученые с помощью новейшей техники и моделирования на мощнейших компьютерах, связанных в единую сеть, что позволяет работать сообща астрономам всего мира.

Пустыни наступают?

По прогнозам ООН, одной из главных проблем в мире является потеря продуктивности земель, что приводит к опустыниванию, особенно в засушливых регионах. Главная причина этого явления – уничтожение лесов и кустарников, применение нерациональных форм земледелия, чрезмерный выпас скота. Эти процессы начались еще несколько тысячелетий назад. Процессы опустынивания особенно активно проявляются в Африке (Сахара, Сахель), Средиземноморье, на Ближнем Востоке, в Центральной Азии, аридных областях Америки и Австралии, а также Средней Азии, Прикаспийской низменности. Опустынивание охватывает более 100 стран мира с населением свыше 1 млрд. человек. Особенно

значительных размеров оно достигло в Африке. Так, площадь Сахары за исторический период использования ее человеком увеличилась в 2 раза, теперь ее территория увеличивается по направлению к югу со скоростью 1 км в год. Общий годовой прирост пустынь в мире составляет около 50000 км². Например, более чем на 60% пастбищ мира имеет место перевыпас, когда увеличивается нагрузка на землю, уничтожаются луговые биоценозы (поедание животными растений), приходят в движение пески. В засушливые годы процесс опустынивания приобретает катастрофический характер. Например, в результате засухи 1968-1973 гг., которая охватила территорию между бассейнами рек Сенегал и Верхний Нигер от нехватки воды погибло 250 тыс. человек и около 70% домашних животных. Чрезмерный выпас скота и вырубка лесов привели к опустыниванию земель в Средиземноморье. Если в период расцвета греческой культуры в Греции 65% территории было занято лесами, то сейчас – только 15%. Люди освобождали землю от леса, чтобы пасти скот и выращивать сельскохозяйственные культуры.

В настоящее время пустыни искусственного техногенного происхождения занимают до 20% от общей площади пустынь в мире. За весь исторический период развития человечество потеряло почти 2 млрд. га продуктивных земель.

Еще в 1948 г. американец Генри Осборн опубликовал книгу, в которой содержится прогноз того, что значительная часть мира в ближайшем будущем превратится в пустыню. Он считал, что главной причиной образования пустынь Африки, Ближнего Востока, Средней Азии является деятельность человека в прежние века. Прогнозы Осборна начинают сбываться. Так, четверть территории Испании уже превращена в безжизненную равнину, покрытую песчаными дюнами, единственное оставшееся в стране болото стало уникальным туристическим объектом. Испания может стать своего рода европейской Сахарой. В северной Африке опустыниваем охвачено 65 млн. га пастбищ, в аргентинской пампе на 10 га сельскохозяйственных угодий приходится 10 голов животных.

Борьба с опустыниванием включает комплекс мероприятий, которые учитывают региональные особенности каждой территории. Важное значение имеют сохранение в естественном виде растительности, регулирование нагрузок домашних и диких животных на пастбища, создание искусственных полезащитных насаждений, орошение и обводнение территорий. Так, на севере Сахары по выполняемой Алжиром программе создается «зеленый» пояс, посадка деревьев осуществляется полосой шириной 25-30 км, длиной 1500 км. Лесная полоса должна защитить земледельческие территории от сухих ветров пустыни. На юге Сахары строятся два гидроузла, которые снабдят водой площадь более 1 млн. га и помогут создать оазисы земледелия.

Когда наступит новый потоп?

Другая, не менее важная проблема, связана с возможностью нового всемирного потопы. Мы знаем, что мировой климат все время меняется. В прошлом бывало и теплее, и холоднее, чем сейчас. Более 65 млн. лет назад, когда

по Земле бродили динозавры, полярных шапок не было, в теперешних поясах умеренного климата росли тропические леса. На протяжении нескольких последних миллионов лет бывали времена, когда из полярных областей к югу сползали огромные ледники. Возможно, в будущем повторится ледниковый период, а может быть, наступит сильное потепление. Существуют естественные причины изменения климата, однако и деятельность человека оказывает на него огромное влияние.

Миф о Всемирном потопе есть у многих народов, обитающих далеко друг от друга. Исследователи считают, что история о потопе стала отражением глобального процесса подъема уровня Мирового океана. Известно, что последнее покровное оледенение в Северном полушарии исчезло как раз 8-10 тысяч лет назад. Уровень моря мог подняться на 50 м. Шестеро ученых из ведущих научных институтов США опубликовали предостережение: межправительственная группа экспертов по изменению климата недооценивает последствия глобального потепления. Из-за таяния ледников подлинный рост уровня Мирового океана может составить несколько метров, а не 40 см, как эксперты предсказывали ранее. Это значит, что целые прибрежные государства уйдут под воду к 2100 г. Каковы же причины такой ситуации? Дело в том, что человечество активно вносит вклад в процесс потепления, производя слишком много углекислого газа (образуется при сжигании органического топлива) и других газов, называемых парниковыми. Эти газы удерживают тепловое излучение Земли, которое иначе ушло бы в космос, и создают «парниковый эффект». За последние 100 лет температура атмосферы Земли повысилась на 0,5°. При бесконтрольном поступлении парниковых газов в атмосферу Земля будет быстрее нагреваться, площадь вечных льдов будет сокращаться, произойдет отступление к северу границы вечной мерзлоты, таяние ледников в горах и результатом этого окажется подъем уровня Мирового океана.

Колебания уровня океана в результате изменения наклона земной оси

Резкие подъемы уровня моря в прошлом неоднократно приводили к потопам, сведения о которых отразились в ряде преданий и мифов разных народов.

Интересно проследить изменение уровня Черного моря за последние 3 тысячи лет. К началу нашей эры уровень Черного моря был выше современного на 2 метра. В последующем он 3 раза опускался ниже современного примерно на 1,2-2 метра и дважды возрастал примерно на 0,5 метра выше современного. Считается, что в период самого низкого уровня моря в VIII-VII веках до нашей эры произошел катастрофический прорыв вод из Северного, Балтийского и Белого морей в Черное море. Уровень Черного моря в этот период превышал современное значение на 80-100 метров. К такому выводу пришли на основе изучения водной фауны. В водах Черного моря обнаружено 200 видов различных организмов, типичных представителей Балтийского, Белого и Северного морей. Отсутствие их подвидов говорит о недавнем их проявлении в Черном море.

Сведения об этом катастрофическом наводнении мы находим у северных и южных народов. О нем рассказывают эстонцы, финны, шведы. Писали о нем и древнегреческие авторы Клитарх и Филемон, указавшие, что волны Балтийского моря достигли Черного моря. От них еле-еле спаслись кимвроские всадники. Археологи указывают на отсутствие археологических памятников в период VIII-VII веков до нашей эры. Жившие в Причерноморье киммерийцы куда-то исчезли, а через 50 лет эту опустевшую местность заселили скифы.

Считается, что прорыв вод связан с изменением угла оси вращения Земли. Подтверждением этому могут служить расчеты для двух углов изменения оси вращения Земли на $54^{\circ} 4'$ и $27^{\circ} 2'$. При наклоне оси вращения на $54^{\circ} 4'$ затопляются Западно-Сибирская низменность, значительная часть Европы и северо-восточная часть Африки, Уральский хребет. Скандинавский полуостров и западная Европа выглядят в виде островных архипелагов. При изменении угла наклона оси вращения Земли на $27^{\circ} 2'$ затопляется часть Западно-Сибирской низменности, а Черное, Каспийское и Аральское моря соединяются в единый бассейн, связанный со Средиземным морем.

Смещение оси вращения Земли в рассматриваемый период связывается с активизацией тектонической деятельности планеты. Такие явления могут происходить под воздействием приливных сил космического тела астероидных размеров, вращающегося вокруг Солнца по орбите, близкой к земной. Заметим, что изменения наклона оси вращения Земли могут происходить и при падении на нее тел астероидных размеров. В истории Земли такие явления происходили неоднократно.

Подтверждением факта перераспределения суши и моря может служить и возникновение сухопутного моста между Азией и Северной Америкой, называемого Берингией. Известно, что в период VIII-VII веков до нашей эры произошла миграция эскимосов из Северной Америки в Азию и заселение ими Алеутских островов.

Из изложенного видно, что катастрофические изменения уровня моря могут оказывать существенное влияние на поселения людей, опустошая отдельные регионы на длительные периоды.

Землетрясения и цунами

Самым катастрофическим за всю историю человечества стало цунами 26 декабря 2004 г., вызванное подводным землетрясением в Индийском океане у острова Суматра. Трудно себе представить, какая колоссальная энергия расходуется при движении пород, слагающих земную поверхность. Напряжение, вызванное движением плит земной коры, накапливается годами и наступает момент, когда породы не выдерживают: они смещаются, порождая сейсмические волны. Землетрясения вызывают не только катастрофические разрушения и гибель миллионов людей, но и порождают гигантские волны – цунами. Место образования такой волны находится над фокусом землетрясения. Колебания распространяются по воде со скоростью до нескольких сот километров в час.

Достигая берега, они замедляются и порождают волны высотой до 100 м. Цунами обрушивается на берег, сметая все на своем пути. Высота волн достигала 15 м. Погибло, по разным оценкам, от 165 до 234 тысяч человек. Наиболее известным является цунами 18 июня 1896 г. у побережья Японии, которое унесло жизни 28 тысяч человек, а 20-метровая волна, зародившаяся 5 ноября 1952 г. у островов Курильской гряды, погубила 14 тысяч человек, в том числе почти все население города Северо-Курильска. Кроме землетрясений, гигантские волны могут быть вызваны и обвалами горных пород. Так, один из склонов вулкана на острове Сан-Мигель-де-ля-Пальма Канарского архипелага наполовину откололся и при очередном извержении вулкана грозит обвалиться в море. Объем оползня составит 500 км³, что образует водяной купол высотой 900 м. Гигантские волны начнут распространяться со скоростью 800 км в час. До Африки дойдет волна высотой 100 метров, на Британские острова обрушится 12-метровый вал, а у берегов Америки цунами достигнет 50 м. Этого достаточно, чтобы затопить Нью-Йорк, Вашингтон, Майами, Бостон. При этом волна продвинется вглубь континента на 10 км.

Природные катаклизмы и явления

Одной из наиболее значительных природных катастроф является извержение вулканов. Вулканы извергаются там, где происходит столкновение, надвиг, сдвиг или горизонтальное смещение тектонических плит. Поток раскаленной магмы выходит на поверхность, т.к. ее толкает вверх давление горячих газов. Расплавляя на своем пути горные породы, магма прокладывает в их толще канал, по которому со взрывом извергается на поверхность. Оставшиеся лава и пепел наслаиваются друг на друга и со временем образуют гору конической формы с кратером на вершине. Большинство вулканов активны не всегда, в периоды между извержениями их называют потухшими. Сейчас в мире насчитывается около 850 действующих вулканов.

Вулканы не только опасны для жизни людей живущих у их подножий, но и опасны для климата, особенно те, которые выбрасывают аэрозоли и газ в атмосферу. Если в выбросах много серы, в дальнейшем образуются мелкие капельки серной кислоты. Последние могут длительное время, иногда 1-3 года, находиться в стратосфере и снижать приток солнечной радиации к Земле.

Крупные вулканические извержения имели огромные трагические последствия в жизни не только народов, живущих вблизи вулканов, но и в региональных и глобальных масштабах сильного похолодания климата и других природных явлений.

В книге Л.И. Девиса «Природные катастрофы» (1996) описаны последствия извержения многих крупных вулканов. Остановимся на некоторых из них.

Летом 1470 г. до н.э. в Эгейском море (Греция) произошло вулканическое извержение вулкана Санторин. Оно стало причиной главных доисторических событий, описанных Платоном и подтвержденных библией:

- исчезновение в течение одной ночи Атлантиды;
- «расступившееся» Красное море;

- исход сынов Израилевых из Египта, поскольку над ними сгустилась тьма (тьма египетская);
- исчезновение Минойской культуры.

После этого гигантского взрыва вулканическим пеплом покрылась площадь 200000 км². Выбросы аэрозоля и газов закрыли Солнце, над Египтом и восточной частью Средиземного моря сгустилась темнота, которая длилась несколько дней или даже недель. До извержения на острове находилась цивилизация империи Атлантида, которая была уничтожена.

Исчезновение первой реальной цивилизации на территории Средиземноморья - Минойской культуры, которая развивалась на о. Крит и прилегающих к нему островах, - также произошло около 1400 г. до н.э.

Предполагается, что Минойская цивилизация не была разрушена захватчиками, а похоронена под слоем пемзы. Извержение Санторина происходило в 120 км к северу от о. Крит, гигантские волны-цунами разрушили большую часть Минойской цивилизации. Оставшиеся в живых переселились в Грецию, где основали Микенскую культуру.

Извержение Санторина совпадает по времени с библейским мифом о «расступившихся водах» Красного моря, что позволило сынам Израилевым сбежать от преследующих их войск фараона. «Расступившаяся вода» - это отступление моря за полчаса до удара цунами. В это время возможно обнажение большой площади морского дна недалеко от берега.

1450 г. до н.э. называется знатоками Библии временем исхода евреев из Египта. Сгустившаяся темнота была вызвана вулканическим облаком пепла, которое закрыло Солнце на несколько дней.

Тамборо, 5-12 апреля 1883 г. (Индонезия, о. Сумбава). По приблизительным подсчетам, около 150 млн. т. газов, аэрозолей и крупных обломков выброшено во время извержения, которое «вызвало год без лета». Почти 49 000 жителей погибли во время этого взрыва. 4 июля этого года в Европе люди надевали пальто, белье замерзло на веревках. Во Франции зерно на рынках охранялось от голодающих горожан.

Произошло уникальное явление: образовался гигантский вихрь, который смел почти все дома деревни Сагар в 40 км от центра извержения. Возникли огромные волны – цунами высотой 3,5-9 м. Отхлынув от острова, вода обрушилась на соседние острова и стала причиной гибели сотен людей. Темное аэрозольное облако закрыло Солнце в радиусе 650 км и вызвало трехдневную «ночь». Почти метровый слой покрыл о. Тамбак в 160 км от Тамборо.

Кракатау, 26-27 августа 1883 г. (Индонезия). 200 000 человек погибли от огня расплавленной лавы. Аэрозоль достиг высоты средней стратосферы - 27 км, а по другим оценкам - мезосферы - 80 км. Возникшие ударные волны 7 раз обошли вокруг Земли. Извержение было видно с расстояния более 65 км. Утром 27 августа от Кракатау распространилось несколько больших приливных волн, вызванных разрушением северной части острова. Звук взрыва был зарегистрирован на о. Родригес в Индийском океане.

Сейсмическая приливная волна образовалась через полчаса после извержения, в результате чего пострадали более 36 000 человек (по другим данным 80 000 человек). Немецкий военный корабль был подхвачен цунами в районе о. Суматра и заброшен на 3 км в глубь острова, на высоту 9 м над уровнем моря. Две трети территории о. Кракатау исчезли, образовалась большая впадина на дне моря, достигшая глубины 270 м. Возникли странные оптические явления: солнце казалось синим, а луна — ярко-зеленой.

Пинатубо, 10-15 июня 1991 г. (Филиппины). Вулкан Пинатубо имеет высоту 1219 м. 12 июня вулкан взорвался, выбросив серо-зеленое грибовидное облако. Потоки газа, пепла и расплавленных горных пород хлынули по склонам со скоростью до 100 км в час. Облако и падающий из него пепел достигли Сингапура (2400 км). Вулкан выбрасывал пепел 12 июня на высоту 24 300 м, а 14 июня еще 8 извержений выбросили пепел и пар на высоту 49 км. Возникший 14 июля тайфун затопил местность. Грязевые потоки и наводнения смывали дома. Погибло 200 человек, 100 000 человек лишились крова, урожай риса оказался под слоем пепла. В провинции Замбалес все было покрыто 90-сантиметровым слоем пепла и вулканических обломков.

Вопросы оценки и механизмов влияния аэрозолей вулканического и антропогенного происхождения на климат являются более изученными по сравнению с солнечной активностью. Но вначале о климатических последствиях вулканических извержений.

Сравнительная оценка снижения прямой солнечной радиации после извержения вулканов на станциях СНГ показала, что она колеблется от 2-4 % (вулканы Фуэго, Суфриер, Сент-Хеленс, Аделаид, Агунг) до 10-25 % (вулканы Мон-Пеле, Катмай, Кракатау, Эль-Чичон, Пинатубо). В высоких широтах зимой после извержения вулкана Эль-Чичон отрицательные аномалии прямой радиации достигали 26,5 %. Последнее извержение вулкана Пинатубо привело к снижению прямой радиации более чем на 25 %. Снижение значений суммарной солнечной радиации после таких крупных вулканических извержений, как Эль-Чичон и Пинатубо, составило 4,5-5 %.

Эффективность влияния вулканического аэрозоля на климат определяется широтой вулканического извержения, циркуляцией атмосферы, а самое главное — типом и мощностью вулканического извержения.

Средние по мощности вулканы, выбрасывающие в атмосферу много сернистого аэрозоля, обеспечивали снижение глобальной температуры на 0.05-0.20°C в зависимости от месяца года в первые 1-2 года после вулканического извержения. Если взять в расчет только самые крупные вулканические извержения, то уменьшение температуры составит в среднем 0.2-0.3°C. Зимой температура после вулканических извержений возрастает. Это один из известных «парадоксов» связи «вулканы-климат». Существуют также значительные пространственные особенности проявления вулканического «сигнала» в изменении климата. Так, в субтропических широтах наблюдается повышение давления, а в высоких широтах зимой и весной давление после вулканических извержений понижается. Летом после вулканических извержений над океанами происходит понижение давления, а над материками — повышение, что ослабляет муссонную

циркуляцию. Весной интенсивность Атлантического минимума и Азорского максимума повышается, что интенсифицирует западную циркуляцию и, как следствие, рост температуры. После крупных вулканических извержений происходит увеличение количества осадков зимой в Западной Европе, что также подтверждает вывод об усилении зональной циркуляции после извержения вулканов.

В Беларуси после крупных извержений также наблюдается снижение температуры в теплое время года и рост температуры, особенно на севере Беларуси зимой.

Катастрофы: случайные события или закономерность развития природы

Впервые внимание исследователей к катастрофическим явлениям привлек французский ученый – основоположник палеонтологии и сравнительной анатомии Жорж Кювье. Он считал, что в прошлом развитие биосферы Земли проходило через ряд глобальных катастроф, приводивших к вымиранию многочисленных организмов, населявших планету. Учение Кювье о катастрофизме оказало заметное влияние на науку о закономерной смене одних форм органического мира другими в истории Земли в неразрывной связи с развитием окружающей среды.

В дальнейшем в основном под влиянием Чарльза Лайелля учение о катастрофизме большинством ученых было отвергнуто.

Становление эволюционного учения о развитии животного и растительного мира связано с именем, как было показано в главе 2, Ч. Дарвина. В соответствии с этим учением в настоящее время считается, что фундаментальными движущими факторами биологической эволюции является естественный отбор и направленный мутагенез.

Познавая процесс эволюции биосферы, натуралисты начали понимать, что главный процесс развития живой природы временами нарушался какими-то экстремальными явлениями. На это, в частности, указывали Э.Зюсс, Л.С. Берг, В.И. Вернадский, А.Н. Криштофович и др. Так, В.И. Вернадский в свое время, отмечая наличие связи между земными и космическими процессами, писал о том, что выводы геологии не менее важны для планетной астрономии, чем выводы этой последней для геологии.

К настоящему времени накоплено много фактов, подтверждающих, что в отдельные переломные моменты истории Земли происходили массовые вымирания многих видов организмов. Имеющийся материал подвергли статистической обработке и доказали, что за фанерозойский период жизни Земли (570 миллионов лет) такие события на нашей планете происходили неоднократно.

Одни исследователи, в частности, обратили внимание на корреляцию периодичности кратерообразования на планете с массовыми вымираниями биоты и их связи с климатическими факторами, обусловленными поднятием в атмосферу огромных масс пыли и уменьшением прозрачности атмосферы. Другие исследователи считают, что гибель организмов связана с поступлением в атмосферу вулканической пыли. Третьи полагают, что гибель биоты связана с поступлением в гидросферу урана и других химических элементов магматическими растворами при рифтогенезе (раздвижении

литосферных плит). Четвертые считают, что за гибель организмов ответственны инверсии геомагнитного поля, пятые – вспышки сверхновых звезд и т.д.

Вместе с тем в последние годы накапливается все больше фактов, подтверждающих, что многие из вышеперечисленных явлений взаимосвязаны. Так, все больше ученых убеждаются в том, что при падении астероидов на поверхность Земли происходит не только поднятие пыли в атмосферу, но и оживление вулканизма, землетрясений, инверсий геомагнитного поля и т.д. Эти факторы оказывают воздействие на биосферу не порознь, а совместно. Исследователи разных наук установили, что эти явления проявляются с периодичностью около 30 миллионов лет на протяжении 600 миллионов лет развития Земли. За этот период выявлено 20 таких критических эпох.

К настоящему времени исследователи поняли, что процесс мутаций в организмах происходит непрерывно и усиливается в критические эпохи. Возникавшие при этом «уродцы» в процессе плавного развития биосферы не выдержали бы конкуренции и погибли, т.е. оказались бы нежизнеспособными. Однако критические эпохи, когда происходит массовая гибель многих организмов, некоторые из таких уродов (мутантов) в отсутствие конкуренции приспосабливаются к новым условиям и в ходе естественного отбора дают новые виды. Считается, что для протекания эволюционного процесса нужна хорошая «встряска», которая проявляется в критические эпохи эволюции биосферы. В эти периоды формообразование принимает взрывной характер. Без кризисных эпох эволюция давно бы остановилась, а может быть и не началась.

Американские астрофизики Д. Уитмар и Дж. Матис считают, что причиной катастроф служит 10-я планета, располагающаяся от Солнца на расстоянии от 50 до 100 астрономических единиц. Масса этой планеты составляет от 1 до 5 масс Земли. Двигается планета по эллиптической орбите, наклонной под углом 45° к плоскости эклиптики (т.е. той, в которой движется Земля при вращении вокруг Солнца). Период обращения 10-й планеты оценивается примерно в 1000 лет. Эта планета сбивает некоторые кометы и астероиды с орбит, что приводит к падению отдельных из них на Землю. Подтверждением существования 10-й планеты служат такие факты. В XIX и начале XX века астрономы наблюдали эффект возмущения траекторий орбит Урана и Нептуна. Это, по мнению специалистов, указывает на то, что 10-я планета находилась, в то время, вблизи Урана и Нептуна.

Почему вымерли динозавры?

Динозавры появились на Земле 290 миллионов лет назад и господствовали на ней в течение более чем 100 миллионов лет. Массовая гибель динозавров произошла на границе двух геологических периодов – мела и палеогена – 65 миллионов лет назад. На границе этих периодов ученые обнаружили резкий переход, о котором и будет рассказано ниже.

Палеонтологи при раскопках находят все новые виды этих вымерших животных. Среди них встречаются как карлики, так и гиганты. Так, в США недавно обнаружены скелеты отдельных исполинов массой до 5—80 тонн, а в

Китае – длинношеее животное длиной 30 метров. Длина одного шейного позвонка этого гиганта достигает 3 метров.

Динозавры питались в основном растительностью, но были среди них и хищники. Быстрый прогресс динозавров связан с ростом концентрации кислорода в атмосфере: его содержание превышало современное в 1,5 раза. Для перемещения в пространстве ящерам необходимо было много энергии, которую они черпали, в частности, и за счет расходования повышенных количеств кислорода. С уменьшением количества кислорода в атмосфере происходит угнетение динозавров. Но это, конечно, только одна из причин их исчезновения, причем не главная. Следует указать еще и такие причины: в период существования динозавров в атмосфере содержались повышенные концентрации углекислого газа, превышающие современные примерно в 5 раз. Таким образом, при 5-кратном увеличении углекислого газа температура воздуха была выше современной на $12,5^{\circ}\text{C}$. Спад концентрации кислорода в атмосфере привел к понижению в 1,5 раза концентрации углекислого газа (она стала выше современной в 3 раза). Это привело к снижению температуры в этот период на 5°C .

Заметим также, что среди динозавров были летающие гиганты с размахом крыльев до 11 метров. Ученые долго не могли понять, как им удавалось держаться в воздухе.

Исследования содержания газов в ископаемом янтаре возрастом 80 миллионов лет, показали, что в то время давление газа было выше современного в 10 раз. Кислорода в нем содержалось 32 процента. Таким образом, более плотная атмосфера способствовала полету гигантских летающих «крепостей».

Ученые установили также, что 65 миллионов лет назад исчезли не только динозавры, но и более половины всех других видов животных. По мнению многих исследователей, гибель животных связана с падением на Землю одного или нескольких крупных тел массой порядка 10^{12} тонн. При ударе их поверхность планеты в атмосферу было поднято огромное количество пыли, что резко сократило прозрачность и стало причиной глобального похолодания и массовой гибели большого числа организмов. Американские исследователи считают, что причиной гибели послужил гигантский пожар, возникший в результате падения астероида. Сначала он возник в регионе падения астероида, а затем перекинулся на другие континенты. Поднявшиеся в воздух пыль и сажа резко понизили прозрачность атмосферы, что привело к охлаждению Земли и гибели динозавров и других существ. В отложениях возрастом 65 миллионов лет ученые нашли слой сажи, подтверждающий эту гипотезу.

В одном из сценариев ученые исследовали вариант падения 65 миллионов лет назад льдистой кометы массой 10^{13} тонн со скоростью 65 километров в секунду, а в другом – железокоса астероида $5 \cdot 10^{11}$ тонн, вторгшегося в атмосферу со скоростью 20 километров в секунду.

В обоих случаях образуются окись азота NO , разрушающая озоновый экран. В итоге в течение нескольких минут или часов после катастрофы – падения кометы – возникает окись азота в количестве 0,1 процента во всей атмосфере

Земли. При взаимодействии окиси и двуокиси азота с водой возникают азотная (HNO_3) и азотистая (HNO_2) кислоты. Присутствие паров воды в атмосфере ведет к растворению их и выпадению на поверхность Земли. В итоге в первый год после катастрофы концентрация названных кислот в пресных водоемах повышалась до нескольких граммов на литр.

Под воздействием кислотных дождей происходит торможение процесса фотосинтеза в связи с поглощением солнечного излучения молекулами двуокиси азота. Кроме того, из почв интенсивно извлекаются микроэлементы бериллий, ртуть, таллий и другие, весьма токсичные для многих организмов. Попадая вместе с воздухом в дыхательные пути, пары токсичной воды повреждают их, что ведет к гибели организмов. Растения суши катастрофически теряют листву, что также ведет к их гибели.

Естественно, погибли не все ящеры. Так на индонезийских островах Комодо, Ринджа, Парар и Флорес сохранились вараны длиной свыше 3 метров. В пищу они используют копытных, обезьян и падаль. Зафиксированы и случаи нападения на людей. Другие представители племени рептилий – крокодилы, водящиеся в жарких странах. Все пернатые – от воробья до страуса – это потомки летающих ящеров.

Некоторые ученые считают, что если бы не было массовой гибели динозавров, то их эволюция в конце концов могла бы привести к появлению высокоразвитых существ, значительно отличающихся по внешнему облику от людей. Такой вывод сделан на основе изучения многочисленных останков. Одна из ветвей, со временем, задолго до появления *Homo sapiens*, могла бы привести к возникновению разумного существа. Ученые пришли к выводу о том, что их развитие могло бы привести к возникновению «*Dino sapiens*» (от слова динозавр). Это существо стало бы прямоходящим, ростом 1 метр 35 сантиметров. Оно лишилось бы хвоста. Руки и ноги *Dino sapiens* имели бы по три пальца, тело его было бы покрыто прочной чешуей. Лицо этого существа значительно бы отличалось от человеческого: глазницы занимали бы около четверти лица, а зрачки были бы целевидными. Однако *Dino sapiens* не появился. В связи с этим подчеркнем, что на планетах других звездных систем высокоразвитые существа могут иметь совершенно невероятный с нашей точки зрения облик.

Оружие вместо хлеба, или когда мы поумнеем

Человечество страдает на Земле от голода, нехватки воды, но в то же время стремительно продолжается наращивание численности вооружений, а также многие страны стремятся иметь ядерное оружие. Одна атомная бомба может в секунды уничтожить большой город вместе с населением. Накопленного ядерного оружия достаточно, чтобы уничтожить все живое на земле. Иногда политики называют ядерное оружие «оружием сдерживания» - страх перед атомной войной удерживает мир от его применения.

Первая угроза самоуничтожения человечества вошла в историю как Карибский кризис. Самолеты США обнаружили у берегов Кубы советские ракеты. Кризис продолжался 38 дней и мог закончиться взаимными бомбардировками и ядерной войной. Путем переговоров конфликт удалось погасить.

Сегодня в мире насчитывается более 25 тысяч ядерных зарядов. В состоянии боеготовности находится примерно половина из них. Мировые ядерные лидеры: США, Россия, Франция, Великобритания, Китай, а также Пакистан, Индия, Израиль, Северная Корея. На пороге создания атомной бомбы находятся несколько государств.

Если человечество начнет ядерную войну, то при обмене ядерными ударами возникнут пожары, которые приведут к выбросам огромного количества сажевых аэрозолей размером 0,1-1 мкм. Они активно поглощают коротковолновую радиацию и почти прозрачны для длинноволнового излучения. Это приведет к тому, что земная поверхность и нижний слой атмосферы будут охлаждаться, а верхняя тропосфера и нижняя стратосфера, где будут в основном располагаться сажевые аэрозоли, - нагреваться. Если принять сценарий ядерной войны, при которой мощность ядерного удара будет составлять 6500 Мт (приблизительно половина запасов ядерного оружия), то это приведет к поражению около 1000 городов, нефтегазовых и нефтяных промыслов, а также к лесным пожарам площадью около 1 млн. км². По разным оценкам в атмосферу будет выброшено от 180 до 2000 млн т аэрозолей. Этот выброс будет на 20-30 % больше по сравнению с суммарным выбросом вулкана Тамбора (1815 г.) и в 5-7 раз превысит выброс аэрозолей вулканическими извержениями типа Пинатубо (1991 г.), которое привело к понижению глобальной температуры в теплое время года на величину около 0,2-0,3 °С. Считается, что от 5 до 10 % частиц дыма и аэрозолей во время ядерной войны попадут в стратосферу, где они будут находиться несколько месяцев или даже больше.

Модельные оценки климатических последствий ядерной войны свидетельствуют о сильном охлаждении воздуха у поверхности Земли и в нижних слоях тропосферы и нижней стратосферы. Наибольшее понижение температуры наблюдается между 14-м и 35-м днями после ядерного удара и зависит от принятых предположений о прозрачности атмосферы. Более сложные трехмерные модели общей циркуляции атмосферы показывают понижение температуры на 40° К на материках и 10° К - над океанами на 4-й день после ядерного удара. Следует отметить, что модельные оценки понижения температуры, рассчитанные для разных условий прозрачности атмосферы после ядерной войны, могут различаться, но все они свидетельствуют о возможности управления «ядерной» зимой на Земле при использовании всего половины накопленного ядерного оружия. Последствия «ядерной» зимы носят катастрофический характер для всего человечества.

Экологические последствия крупных технических проектов

На земном шаре существует множество сооружений, построенных как в древности, так и в наше время, которые являются, по сути, чудесами света и человеческой изобретательности. Это и небоскребы, и искусственные острова, и огромные дамбы, и плотины. Все эти сооружения построены с учетом

рекомендаций многих специалистов в разных областях знания: геологов, гидрогеологов, океанологов, геоморфологов, экологов, инженеров. Обязательным и общим для каждого проекта является тот факт, что заключение о безопасности и безвредности для окружающей среды должны дать все указанные выше специалисты-эксперты. Они осуществляют экспертизу проекта и моделируют различные ситуации влияния объекта на природу и людей.

Но в истории бывали случаи, когда гигантские проекты осуществляли или планировали осуществить без участия компетентных экспертов. В тоталитарных государствах чаще всего все зависело от воли вождя. Ниже мы рассмотрим крупные технические проекты в СССР, России, СНГ, которые имели или могли иметь экологические последствия.

Дворец Советов в Москве. В 30-х годах XX в. предполагалось построить на месте разрушенного храма Христа Спасителя административное здание высотой 415 м со статуей Ленина на крыше. Проект был приостановлен в связи с началом Великой Отечественной войны, окончательно закрыт в 1961 г. Сооружение такого типа оказало бы огромное влияние на инженерно-экологические условия г. Москвы, нарушив гидрологический режим, микроклиматические условия и многое другое.

Сахалинский тоннель. В 50-х годах XX в. обсуждался проект по установлению надежной транспортной связи острова Сахалин с материком. Планировалось строительство подземного тоннеля с железной дорогой длиной 10 км под Татарским проливом. После смерти И. Сталина работы были прекращены. В 90-е годы XX в. с предложением об их возобновлении в новых условиях выступил министр путей сообщения России Н. Аксёненко. Вопрос до сих пор не решен из-за многомиллионной стоимости проекта и непросчитанных экологических последствий.

Кукурузная эпоха Н. С. Хрущева. В период 1955-1964 гг. первым секретарем ЦК КПСС Н. С. Хрущевым после посещения им США и Канады была выдвинута идея о повсеместном внедрении в сельское хозяйство СССР кукурузы как панацеи от всех проблем. В результате эксперимента площади, отведенные в СССР под кукурузу, увеличились более чем в 2 раза. В то же время посевы традиционных культур катастрофически сократились. В результате «вторым хлебом» кукуруза так и не стала, а с середины 60-х годов возникли трудности со снабжением населения обычным хлебом и обеспечением сельского хозяйства кормами.

Ликвидация «неперспективных» деревень в нечерноземной зоне России и некоторых регионах Беларуси. В 1960-1980 гг. по решению Правительства СССР и ЦК КПСС только в нечерноземной зоне Российской Федерации из 149 тысяч деревень и сёл планировалось оставить только 29 тысяч. В результате многие из «приговоренных» поселений исчезли, но отток местных жителей лишь усилился и местная деревня еще больше захирела. В этот же период в БССР проводилась ликвидация хуторов и малых деревень, что привело, например, в Витебской

области к серьёзному демографическому кризису в сельской местности, который продолжается и в настоящее время.

Полярный Гольфстрим. В 1956 г. советскими учеными был предложен проект создания нового теплого течения у берегов Камчатки и Чукотки для смягчения климата. Предполагалось построить мощную плотину и электростанцию в Беринговом проливе. А затем направлять теплые воды Тихого океана на Крайний Север с помощью сотен гигантских пропеллерных насосов, приводимых в действие энергией атомных электростанций. Однако проект не был реализован. Экологические последствия проекта были бы катастрофическими (таяние полярных льдов, вечной мерзлоты, резкое потепление климата и т.д.).

Поворот сибирских рек. Дважды в XX и XXI вв. в 1970-1980 гг. и в 2002 г. (Ю.М.Лужков с группой ученых института «Водгео») выдвигали идею поворота сибирских рек на юг (в Среднюю Азию). Суть проекта состояла в следующем. Еще при И.Сталине родилась идея переброски северных рек России в Среднюю Азию для улучшения мелиорации. Проект начали всерьез разрабатывать еще при Н.Хрущеве (предварительная стоимость – 32 млрд. 800 млн. рублей). Однако в 1986 г. проект был закрыт. В 2002 г. Ю.М.Лужков предложил реанимировать идею. Новая предварительная смета составила 40 млрд. долларов. Его поддерживали президенты среднеазиатских республик Ислам Каримов и Нурсултан Назарбаев. Однако проект и в этот раз не был осуществлен. Реализация проекта вызвала бы серьезные климатические изменения на всей территории Евразии.

Космические зеркала. В 1990-е гг. прошлого века создан проект освещения северных городов и территорий России во время полярной ночи с помощью 24-х двухсотметровых зеркал из металлической фольги, размещенных на орбите Земли. В 1993 г. на орбитальной станции «Мир» проведен неудачный эксперимент, зеркало развернуть не удалось, после чего проект закрыли.

Проекты «Золотого века» Туркменбаши. Бывший президент Туркмении Сапармурат Ниязов распорядился до 2015 г. посадить в окрестностях Ашгабада реликтовый лес площадью 1000 км (стоимость проекта – 18 млн. долларов), а также создать в пустыне Каракумы зоопарк с арктическим климатом, куда планировалось переселить пингвинов. После смерти С.Ниязова эти проекты не были осуществлены. Зато в столице Туркмении было построено русло искусственной реки, протекающей в бетонном коробе, протяженностью 11 км, которая обеспечивается водой из подземных источников (стоимость проекта – 63 млн. долларов).

Подземный тоннель через Беларусь в Калининградскую область. В 2004 г. для решения проблемы транспортного сообщения с западным российским анклавом В.Жириновский предложил проложить подземный тоннель длиной 90 км, соединяющий Калининградскую область с Россией через Беларусь. Для сравнения: стоимость одного километра трассы московского метрополитена от 40 до 80 млн. долларов. Технически проект осуществим, однако поражает воображение его стоимость (сотни миллиардов долларов).

Скоростная автотрасса ЕРАА (Европа – Россия – Азия – Америка). Идея строительства скоростной автотрассы появилась давно. Инициаторы проекта ЕРАА развивают идею воссоединения трех континентов скоростной автомагистралью, которая начнется от Мадрида, далее Париж, Берлин, Варшава, Минск, Смоленск, Москва, затем два варианта: 1. Москва – Нижний Новгород – Чебоксары – Казань – Уфа – Челябинск – Курган – Тюмень – Ишим – Омск – Новосибирск – (Томск) – Ачинск – Красноярск – Тайшет – Братск – Томмот – Якутск – Оймякон – Среднеколымск – Уэлен. 2. Тайшет – Нижнеудинск – Черемхово – Иркутск – Улан-Удэ – Чита – Свободный – Хабаровск – Владивосток. Часть затрат на строительство магистрали планируется погасить за счет территориально тяготеющих к ней месторождений полезных ископаемых.

К сожалению, хорошая идея плохо обеспечена экологическими обоснованиями, не составлен прогноз геоэкологических последствий.

Проект строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали Санкт-Петербург – Москва.

Высокоскоростные магистрали получили распространение в некоторых странах западной Европы и Японии. Они сосредоточены в староосвоенных густонаселенных районах и обычно связывают между собой городские агломерации. В СССР еще в 70-х гг. XX в. был поднят вопрос о строительстве высокоскоростной магистрали «Центр-Юг», которая связала бы Ленинград и Москву с Крымом и Кавказом. В апреле 1991 г. Государственная экспертная комиссия Госплана СССР признала необходимым строительство высокоскоростной магистрали Ленинград-Москва. В качестве основного варианта высокоскоростной магистрали был принят Новгородский, трасса которого была проложена западнее существующего направления Санкт-Петербург – Москва. Протяженность трассы – 659 км. Эксплуатационная скорость для поездов «Сокол» составляет 300-350 км/ч. Время в пути с остановками – 240 минут. Вместимость поезда 870 чел.

Предусматривалось соорудить двусторонние заборы вдоль трассы высотой 2-4 м, 15 больших мостов, 103 железнодорожных и автодорожных, 133 средних путепровода, 48 малых мостов, 595 труб, 27,9 км эстакад; объем земляных работ – 100 млн. м³. Стоимость строительства от 3-4 до 7-8 млрд. долларов.

В 1993-1994 гг. технико-экономическое обоснование строительства и модель реализации проекта рассматривались в рамках совместной экспертизы Государственных учреждений России. Несмотря на многочисленные замечания, технико-экономическое обоснование получило одобрение и рекомендацию к реализации. Экологические аспекты проекта по существу не рассматривались, так как в составе экспертов был лишь один географ-эколог.

Основные замечания и выводы технико-экономического обоснования. В технико-экономическом обосновании не были рассмотрены альтернативные варианты для достижения основной цели: по доступной цене массовому пассажиру относительно быстро и с удобствами следовать из Санкт-Петербурга в

Москву и обратно. Наиболее существенные изъяны оценки экологического воздействия на окружающую среду следующие:

- технико-экономическое обоснование разработано в основном для Ленинградской и Новгородской областей, значительно меньше – для территории Тверской и Московской областей. Но именно для городской и пригородной среды двух столиц необходимо дать оценку воздействия на окружающую среду;

- отсутствуют данные по постоянному и временному землеотводам, по видам угодий и объектам строительства. Отсутствовала оценка изменений почвенного покрова в зоне влияния высокоскоростной магистрали;

- не учтены изменения лесорастительных условий и продуктивности лесов в зоне гидрогеологического влияния (насыпь железной дороги – плотина, подпорное сооружение);

- не учтено, что в условиях холмисто-моренного ледникового ландшафта с близким залеганием грунтовых вод и обилием верхних звеньев речной сети строительство не может не отразиться на гидрологическом режиме рек и озер;

- трасса высокоскоростной магистрали проходит по землям охраняемых природных территорий Валдайского государственного национального парка, зоны санитарной охраны Иваньковского водохранилища, территориям Усть-Волоцкого, Лисинского, Дудневского и Торжокского охотничьих заказников;

- проектанты оставили без внимания вопросы охраны памятников археологии, культуры. Отсутствовала даже их инвентаризация.

В связи с тем, что качество оценки воздействия на окружающую среду строительства в проекте весьма низкое и не соответствовало нормативным документам, так же то, что отсутствовали альтернативные варианты, информирование населения о строительстве, все это привело к отклонению, в то время, проекта скоростной железнодорожной магистрали.

В настоящее время проект активно осуществляется в жизнь.

Природные катастрофы

Специалисты указывают на ухудшение обстановки с природными катаклизмами, обусловленное прежде всего, мощным техногенным воздействием на биосферу и глобальным потеплением климата. Отмечается, что эта тенденция характерна для всех стран. Замечено, что наиболее быстро возрастает число катастроф с высоким экономическим ущербом: за последние 30 лет увеличилось в 4,1 раза. За это же время число катастроф с пострадавшими возросло в 3,5, а катастроф с погибшими – 2,1 раза.

Согласно данным экспертов США, стихийные бедствия обуславливают от 3 до 5 % преждевременной смертности и материальный ущерб около 1 % валового национального продукта (ВНП). С 1995 по 1997 год ликвидация последствий природных бедствий обходилась Америке в 50 млрд долл. в год, или 1 млрд долл. в неделю. В результате наводнений в 1991, 1994-1995 и 1998 годах Китай потерял от 20 до 30 млрд долл.

Между природными опасностями существует взаимная связь, одно явление может служить причиной, спусковым механизмом последующих. Это так называемая **природная цепная реакция**, которая представляет собой цепь природных явлений, каждое из которых влечет за собой изменение других связанных с ним явлений. Так, например, исчезновение насекомого-опылителя делает невозможным плодоношение растения, а следовательно, появление новых поколений вида, размножающегося только семенами. Это в свою очередь, ведет к исчезновению животных. Связанных с этим растением, а значит, их паразитов и т.д.

Укажем также, что природные катастрофы часто инициируют техногенные: прорыв плотин, пожары и взрывы, химические загрязнения и т.д., что естественно, увеличивает экономический ущерб.

ГЛАВА 6 ЧЕЛОВЕК И КОСМОС

В которой повествуется о том, что и на Солнце бывают пятна, является ли каждый человек частью космоса, как на наш организм влияют электромагнитные излучения, и каким образом связаны с солнечной активностью революции, эпидемии, голодные годы, войны. Читатель узнает, как на протяжении истории Земли наряду с изменениями климата менялись представления о нем, что будет происходить с климатом в ближайшем будущем, и когда же мы будем жить в тропиках.

Солнечная активность и биосфера Земли

Физическая и эмоциональная активность людей зависит от многих факторов окружающей среды. Наиболее интересной является проблема влияния на человека электромагнитного излучения, потоков с высокой энергией частиц (космических лучей), ионизации воздуха, инфразвуковых волн, пульсаций магнитного поля Земли и других малых внешних сил.

Влияние малых (космических) сил широко обсуждалось в работах известного советского ученого А.Л.Чижевского. Основатель нового направления в науке - гелиобиологии, проведя огромную работу по обоснованию статистических закономерностей в массовых бедствиях человечества, таких как эпидемии различных инфекционных заболеваний, войны, голодные годы, революции, доказал их связь с солнечной и геомагнитной активностью.

Следует отметить, что со времен древних астрологов, которые вычисляли моменты соединений и взаиморасположений планет Солнечной системы и предсказывали на этой основе судьбы людей и стран, интерес к проблеме влияния малых внешних сил на биосферу и атмосферу Земли не ослабевает. Астрология в отдельные исторические моменты считалась лженаукой, а астрологи

преследовались, но в последние десятилетия астрология опять в фаворе, особенно в странах бывшего Союза.

Как отмечал Б.И. Сазонов, «смутное время, переживаемое в последнее время народами бывшего соцлагеря, заставляет многих за объяснениями и в поисках выхода обращаться к религии, астрологии, писаниям средневековых мудрецов. На этой зыбкой почве начинают делать прогнозы о будущем России и других государств».

Возвращаясь к работам А.Л. Чижевского, который заложил научные подходы к объяснению многих природных и социальных потрясений, Б.И. Сазонов проанализировал годы эмоционального подъема людей, годы революций, контрреволюций и массовых репрессий в Восточной Европе и России в связи с одним из показателей солнечной активности (число Вольфа) и пришел к выводу о существовании связи между сопоставляемыми явлениями: социальные процессы, требующие для своего осуществления высокой степени эмоционального накала масс людей, случались преимущественно в годы высокой солнечной активности.

Люди более пассивны вблизи минимумов солнечной активности, именно в это время руководители стран могут принимать непопулярные решения. Лучшего времени для того, чтобы не выплачивать заработную плату, проводить непопулярные в народе акции, не найти. В настоящее время минимум солнечной активности прошел в 2006-2007 гг. Время принятия непопулярных решений и продвижения консервативных реформ прошло. Механизм влияния на человека может быть связан с разным характером изменчивости солнечной активности. В годы высокой активности Солнца возмущения электромагнитных параметров окружающей человека среды следуют друг за другом с небольшими интервалами (5-10 дней) в то время как вблизи минимума этот интервал увеличивается. Известно, что в конце нисходящей ветви 11 - летнего цикла четко выражены 27-дневные колебания в изменении геомагнитной активности. Совершенно очевидно, что солнечная активность - только один из воздействующих на людей факторов, и надо учитывать другие аспекты.

Известно, что периоды обращения планет связаны с солнечной деятельностью. Например, период обращения крупнейшей планеты Юпитер близок к известному 11-летнему циклу солнечной активности. «Вековой» цикл солнечной активности близок к продолжительности «года» Урана и «полугодия» Нептуна. Периодические изменения в параметрах космических лучей близки к периодам обращения ближайших к Солнцу планет. Справедливости ради следует сказать, что вариации космических лучей с такими периодами имеют очень малые амплитуды, и их воздействие на биосферу вряд ли существенно.

Изменение параметров земной орбиты — периода обращения Земли вокруг Солнца, наклона экватора к эклиптике и эксцентриситета - происходит под влиянием воздействия на Землю сил притяжения планет. Другой космический фактор — вариации светимости Солнца за счет появления на его лице пятен, факелов, светлых колец. Указанные выше космические силы являются

ответственными за изменения климата не только геологических масштабов времени (около 20, 40, 100 и 400 тыс. лет), но за их короткопериодные колебания (порядка нескольких столетий).

Обусловленные космическими факторами изменения климата и возникающая на их фоне разная повторяемость экстремальных климатических явлений — засух, наводнений, суровых и теплых зим — определяют изменение уровня Мирового океана, площади ледникового покрова Земли, интенсивность опустынивания территорий, урожайность сельскохозяйственных культур и т.д. Все указанные факторы оказывали и продолжают оказывать огромное влияние на хозяйственную деятельность человека и, как следствие, формируют в отдельные эпохи неблагоприятную экономическую ситуацию в странах, приводя к революциям, войнам, сменам правительств и т.д.

Если изложенные факторы о влиянии космических факторов на биосферу и атмосферу имеют под собой основание, то, выходит, астрологи правы, определяя судьбы людей по расположению планет?

Что это - возврат к представлениям астрологов на новом уровне или новое заблуждение? Ведь отдельные совпадения или даже статистически значимые связи сопоставляемых величин без теории и механизмов таких воздействий так и останутся предметом острых дискуссий.

Рассмотрим более детально воздействие малых сил на биологические системы и процессы. Много лет тому назад возникла базовая модель «биологических часов», предусматривающая «подстройку» колебаний биологических систем периодическим вариациям внешней среды. Для большинства колебаний биологических систем модулятором могут служить вариации электромагнитных полей среды обитания, которые определяются солнечной и геомагнитной активностью. Обнаружено, что магнитные бури (глобальные возмущения электромагнитного поля) оказывают влияние на параметры суточной ритмики организма человека.

В последнее время разработана концепция о том, что живые организмы эволюционно приспособились к использованию электромагнитных полей (ЭМП) для получения информации об изменениях во внешней среде, для информационных связей между организмами и внутри организмов.

Около 70 лет тому назад В.И. Вернадский писал, что жизнедеятельность организмов связана не только с влиянием электромагнитных излучений Солнца в инфракрасном, световом и ультрафиолетовом диапазонах; на организм человека оказывают влияние и низкочастотные ЭМП биосферы.

Поглощение энергии электромагнитных квантов в веществе живых связей может быть связано с ионизацией и возбуждением молекул и атомов. Энергия таких квантов должна быть выше средней кинетической энергии молекул. До сих пор является дискуссионным вопрос о биологической значимости обширной области электромагнитного спектра биосферы, где энергия квантов значительно ниже средней кинетической энергии молекул. В эту область ЭМП входят

медленно изменяющиеся магнитные и электрические поля Земли, низкочастотные и высокочастотные поля, возникающие при атмосферных разрядах.

Многочисленные экспериментальные исследования доказали, что любые организмы способны реагировать на низкочастотные, высокочастотные и ультравысокочастотные поля, в сотни тысяч и более раз слабые, чем предусматривает теория, базирующаяся на рассмотрении энергетических взаимодействий ЭМП с веществом живых тканей.

Экспериментальные исследования подтверждают эффект воздействия слабых ЭМП на организм человека: изменяется ритм сердечных сокращений и уровень кровяного давления, электрической активности мозга и возбудимости нервных клеток, обменных процессов т.п. Под воздействием слабых ЭМП у человека могут возникнуть зрительные, слуховые и осязательные ощущения, а у животных - разнообразные эмоциональные реакции, такие как резкая возбудимость или подавленное состояние.

Однако необходимо иметь в виду, что влияние малых ЭМП на живой организм происходит на фоне воздействия других, зачастую более мощных факторов другой природы, и, следовательно, выделение «сигнала», связанного с действием ЭМП, является крайне трудной задачей. Статистическая достоверность наличия такого «сигнала» в изменении биологических систем и процессов - еще не гарантия возможности использования установленных связей в практике прогнозирования поведения биологических видов, поскольку ЭМП как предиктор может определять только несколько процентов от общей изменчивости биологического процесса.

Таким образом, проблема влияния малых сил на биосферу и атмосферу всегда имела своих энтузиастов, рядом с которыми всегда следовали скептики. Они считали, что эти результаты есть не что иное, как «удачные опыты по самовнушению», «плоды фантазии горячих голов» и т.п. Будущее рассудит и тех и других.

Магнитные бури и их влияние на биосферу.

Магнитные бури возникают под действием потоков солнечного ветра, интенсивность которых зависит от состояния нашего светила.

Солнце, как и Земля, обладает магнитным полем. На поверхности Солнца средняя величина магнитного поля оценивается в 1-2 эрстед, т.е. в 2-4 раза выше земного. Напряженность магнитных полей солнечных пятен достигает более высоких значений: обычно 20-30 эрстед, а иногда и 3000 эрстед. Такая высокая напряженность магнитного поля внутри пятен приводит к снижению их излучательной способности. Магнетизм в группе больших пятен противоположен по знаку. Силовые линии выходят из одного такого пятна и замыкаются в другом. С противоположной стороны замыкание силовых линий происходит во внутренних областях Солнца. Сильное магнитное поле под пятнами снижает их температуру с 6000 до 4500 ° С. Появление максимума

солнечных пятен связано с 11-летней цикличностью. Нарастание максимума происходит 4,3 года, а спад – 6,7 года. С периодом 11 лет связана инверсия магнитного поля Солнца. В итоге полный цикл изменения его намагниченности происходит с полным периодом в 22 года.

С 11-летней цикличностью Солнца связан целый ряд явлений в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере Земли. Эта периодичность четко увязывается с чередованием засух и наводнений на планете, отмечается в строении годовых колец деревьев, нарастании слоев целого ряда минералов (кальцитовых сталактитов, цеlestинов и т.д.).

В изменениях солнечной активности обнаруживаются и короткопериодические циклы: 3-, 5- и 7-8-летние, а также длиннопериодные: 90-180-летние и др.

Однако физическая природа всех этих циклов весьма слабо изучена.

В солнечную плазму «вморожено» магнитное поле, которое вытягивается из его короны в космическое пространство в виде волокон или струй. Вращение Солнца вокруг своей оси ведет к закручиванию линий в так называемую спираль Архимеда. Возникает 4 магнитных сектора. Направление магнитных полей в секторах взаимно противоположно – в одном секторе оно направлено к Солнцу, а в другом – от Солнца. При вращении светила за один оборот (27 суток) токовый слой 4 раза пересекает Землю, что ведет к изменению полярности внешнего магнитного поля также в 4 раза. Потоки плазмы (солнечного ветра) располагаются вдоль силовых линий Солнца. Наиболее мощные потоки частиц солнечного ветра вырываются из района полюсов светила, т.е. в тех его местах, где не замкнуты его магнитные силовые линии.

При пересечении с Землей неоднородных участков магнитных полей (на границе между двумя соседними секторами) происходит их воздействие на Землю. С этими границами должны быть связаны различные явления на нашей планете. На переход Земли из одного сектора в другой затрачивается двое суток. Магнитосфера Земли при этом испытывает перестройку, которая ощущается в нижней атмосфере, гидросфере, биосфере и литосфере. Специалисты указывают, что именно в такие периоды наблюдаются наиболее значительные изменения метеорологических факторов: турбулентность атмосферы, увеличение числа гроз, изменение давлений в атмосфере и т.д. Еще в 1969 г. отмечено увеличение частоты гроз при пересечении Землей границы двух секторов. Обнаружено уменьшение количества облаков в атмосфере в момент перехода пограничной области между секторами. Оно объясняется тем фактом, что корpusкулы солнечного ветра способны в указанные моменты времени проникнуть через ионосферу и воздействовать на кучевые облака, располагающиеся в стратосфере. Воздушные шары-зонды, запускаемые в эти слои в момент солнечных вспышек, обнаружили увеличение электропроводности в 10 раз.

В период спокойного Солнца токовый слой распределяется в виде плоского диска. В период высокой активности Солнца токовый слой переходит из плоского

в гофрированный. Земля в процессе своего движения по орбите находится то под токовым слоем, то над ним. Заметим, что ток по поверхности раздела течет в направлении, перпендикулярном магнитным силовым линиям.

Напряженность магнитного поля с удалением от Солнца падает.

В процессе возрастания и спада солнечной активности наблюдаются солнечные вспышки, обусловленные аномальными магнитными полями. Образуются они в местах максимального перепада магнитных полей. В этих областях под действием магнитных полей возникают электрические токи в сотни миллиардов ампер. Взаимодействуя, в свою очередь, с магнитными полями, они создают силы, приводящие в движение плазму. Под действием перепадов магнитных и электрических полей происходит сильный нагрев плазмы, приводящий к термоядерным реакциям и взрывам. Выталкивание плазмы с поверхности Солнца происходит вдоль магнитных силовых линий, и плазма может быть выброшена в космическое пространство. Это ведет к возникновению солнечных вспышек. К самым максимумам солнечной активности они ни когда не приурочиваются. Образуются они на периферии пятен. Вспышки затрагивают все слои солнечной атмосферы и наиболее интенсивно его верхи, т.е. хромосферу. Поэтому их часто называют хромосферными.

При вспышках выделяется энергия величиной примерно до 10^{25} джоулей в виде электромагнитного излучения и заряженных частиц высоких энергий. Величина вспышки эквивалентна ядерному взрыву в один миллиард мегатонн. Возникающее электромагнитное излучение достигает орбиты Земли за 8 минут 20 секунд, а частицы высокоэнергетической плазмы – за 1-2 суток. То и другое излучения прежде всего воздействуют на магнитосферу Земли и вызывают различные геофизические явления: магнитные бури, изменения геоэлектрических полей, перепады давления в атмосфере, оживление зон разломов литосферы, поступление через них повышенных количеств радиоактивного газа радона. Указанные явления приводят к оживлению землетрясений и вулканизма.

Магнитные бури возникают как при воздействии излучения вспышки на магнитосферу и ионосферу Земли, так и при пересечении планетой границ магнитных секторов. При возмущении ионосферы нарушается коротковолновая радиосвязь. Интенсивные потоки солнечной плазмы могут вызывать радиационную опасность для космонавтов, выходящих в открытый космос. Магнитные бури оказывают воздействие и на состояние здоровья человека на Земле. Возрастает число несчастных случаев на производстве, в быту и на транспорте из-за того, что снижается внимание водителей и пешеходов. В день появления сильных магнитных бурь увеличивается число заболеваний сердечно-сосудистой системы и смертельных случаев в 3-5 раз. Обостряются и другие болезни. Здоровые люди эти явления обычно не замечают, поскольку в их организме возникают компенсирующие физиологические реакции. Люди же с ослабленным здоровьем не могут противостоять этим явлениям. Поэтому сейчас

стали заранее предупреждать таких людей о грозящей беде, чтобы они смогли принять соответствующие меры. Конечно, в этом вопросе еще не все до конца ясно, а исследования продолжаются.

Непреднамеренные и преднамеренные воздействия человека на погоду и климат.

Есть три сферы деятельности, в которых каждый считает себя специалистом: воспитание детей, спорт и климат. «Какая будет завтра погода?», - задаем мы себе вопрос, прежде, чем лечь спать. Каким будет предстоящее лето?», - задумываются многие еще зимой, строя планы на лето. «Что взять с собой из одежды?», - гадают каждый отпускник. Но все эти мимолетные хлопоты ничто по сравнению с заботами, одолевающими работников сельского хозяйства, коммунального городского хозяйства, строителей ГЭС, крупных промышленных объектов, а также государственных деятелей, разрабатывающих стратегию на длительную перспективу. Мы не можем оторваться от экранов телевизоров, когда передают погоду на несколько дней вперед.

Проблема «человек и климат» существовала с древних времен. В греческих городах-государствах на всеобщее обозрение выставлялись пергаменты, в которых описывались климатические условия прежних лет, сообщалось об их характерных особенностях: бурях, туманах, грозах, граде. В эпоху Великих географических открытий люди убедились, что даже в одних и тех же широтах климат может быть разным. И, наконец, три знаменитых климатолога XIX и XX вв. – Воейков А.И., Кеппен В.П., Ю. Ганн – начали рассматривать климат как совокупность атмосферных явлений и средних состояний атмосферы за длительный период. В 1979 г. принята к разработке Всемирная климатическая программа, необходимость в которой была вызвана признанием роли климата как ресурса, масштабами воздействия человека на климат, вероятностью изменения климата в будущем.

Непреднамеренное воздействие на погоду и климат осуществлялось с того времени, когда на Земле появился человек. Еще два-три столетия назад такое воздействие было незначительным. Увеличение численности населения до 6,5 млрд. человек привело к тому, что биосфера уже не может не деградировать. Считается, что она не испытывала больших перегрузок, когда население Земли было менее 2 млрд. человек. Самый простой пример человеческого воздействия — осушение болот, мелиорация обширных территорий. При этом уменьшается шероховатость поверхности, а следовательно, турбулентность в нижней атмосфере, и создаются условия для формирования заморозков и засух. Одновременно изменяется альbedo подстилающей поверхности (отношение отраженной и падающей солнечной радиации), что приводит к изменению количества поглощенной солнечной радиации, радиационного баланса и, как следствие, изменению микро- и мезоклимата. Уничтожение лесов, загрязнение Мирового океана, строительство городов — это далеко не полный перечень воздействий человека на свойства подстилающей поверхности.

С ростом урбанизации определился еще один аспект климатических изменений – влияние крупных городов на климат. Крупный город можно рассматривать как возвышенность, которая заставляет атмосферный поток обтекать ее. Атмосферный воздух поднимается на большую высоту, где меньше температура и происходит конденсация влаги, которая при соответствующих условиях будет выпадать в виде дождя. Собственно, влияние города Минска приводит к тому, что в восточной части города количество среднегодовых выпадающих осадков на 70 мм больше, чем в западной части города.

В любом крупном городе формируется так называемый остров тепла. Остров тепла особенно выражен в ночное время суток. Разность температуры в центре, где располагается остров тепла, и пригородом может составлять несколько градусов. В дневное время остров тепла менее выражен. Летом в околополуденные часы температура в пригороде может быть даже выше, чем в центре города. После восхода Солнца сельская местность прогревается быстрее, и разность температуры «Центр - сельская местность (пригород)» уменьшается. К середине дня разность становится минимальной. В среднем в зимний ясный день разность температуры «Центр — сельская местность (пригород)» существенно больше (около 1 °C), чем в летний ясный день.

Существует много разных методов преднамеренного воздействия человека на погоду и климат. Особенно важными были исследования, которые проводились в связи с разработкой методов ведения геофизической войны, причем эта деятельность имеет длительную историю. Сегодня реально можно вызвать или предупредить осадки, снег, град, туман. Для этого применяется сухой лед, йодистое серебро и свинец, поверхностно-активные вещества. Сухой лед понижает температуру, при низкой температуре быстрее происходит перенасыщение воздуха и идет интенсивная конденсация влаги. Другие названные выше реагенты могут служить ядрами конденсации, вокруг которых образуются капли воды, последние могут достигать критической массы и выпадать в виде осадков. Величина концентрации реагента может вызвать либо выпадение осадков, либо прекращение их выпадения. Можно использовать и сажу. Она поглощает солнечную радиацию, что приводит к испарению влаги и рассеиванию облаков. Когда-то такой метод применялся для борьбы с ураганами.

Есть более «экзотические» методы влияния на формирование облачности и атмосферные осадки. Например, поднять над городом сотни вертолетов. В результате изменяется интенсивность и направление вертикальных движений. Это изменит условия конденсации влаги и выпадения осадков. Теоретически можно представить и другие методы влияния на погоду и климат. Известно, что любое уравнение движения входит ускорение свободного падения. Если бы стало возможным изменить гравитационное поле Земли, то можно было бы принципиально изменить циркуляцию атмосферы. Пока человечество не может изменить гравитационное поле Земли, но учитывает распределение гравитационных аномалий при диагнозе и прогнозировании барических полей.

Основной вклад в формирование общей циркуляции атмосферы вносит солнечная радиация и особенности подстилающей поверхности. Чем выше температура воды океана, тем интенсивнее идет формирование ураганов. Для этого температура воды должна превысить 27 °C. Глобальное потепление может обуславливать увеличение повторяемости мощных циклонов (ураганов), поскольку температура Мирового океана за последние десятилетия увеличилась. Естественно, человечество пока не располагает такими энергетическими возможностями, чтобы создать в океане настолько мощные положительные аномалии температуры, которые могли бы изменять типичные пути циклонов.

Кстати, один из способов ведения геофизической войны связан с изменением критической частоты ионосферы путем введения туда заряженных частиц («иголок»), аэрозолей, а также путем воздействия на ионосферу мощного электромагнитного импульса. Это может принципиально изменить условия распространения радиоволн и тем самым условия ведения военных действий.

Все вышеназванные преднамеренные воздействия на атмосферу имеют пока только локальный характер. Для формирования глобальных и региональных изменений в атмосфере требуется располагать огромными энергетическими возможностями. Мощность одного циклона примерно эквивалентна мощности сотен ядерных зарядов. Однако существуют способы воздействия, которые не требуют больших затрат энергии. Известно, что если система неустойчива, то достаточно воздействия в точке ее неустойчивости. Это называется эффектом «спускового крючка», или триггерным эффектом. Такой начальный толчок по энергозатратам отвечает технологическим возможностям человека, но важно знать, куда и как приложить необходимое усилие. В этом направлении и проводятся современные научные исследования.

Идея создания геофизического оружия существовала давно. Не исключено, что и сейчас крупные страны ведут подобные секретные исследования. Однако следует отметить, что исключительно важно не только найти точку неустойчивости системы, но и предсказать, как будет развиваться процесс дальше, и обязательно иметь возможность его остановить. Пока человек не научился управлять процессом, в него нельзя вмешиваться, иначе последствия будут непредсказуемыми. Это вопрос ответственности ученых перед обществом.

Сейчас остро стоит вопрос о включении преднамеренного воздействия на погоду и климат в перечень действий, запрещенных для использования в военных целях и подлежащих международному контролю.

Что происходит с климатом?

Климат изменялся на протяжении всей истории Земли, но в последние десятилетия существенно изменилась скорость этого изменения. Она достигает 0,1-0,15° C за десятилетие. Установлено, что за последнее столетие среднегодовая температура земного шара возросла на 0,6° C. Рост среднегодовой температуры в Беларуси еще выше - 1 ° C. Логично задать вопрос, много это или мало? В геологических масштабах времени — немного, в истории Земли наблюдались

случаи, когда температура на десяток градусов была выше или ниже, чем сейчас. Если взять последнее тысячелетие, то наблюдаемое современное изменение глобальной температуры не превышает 1°C , хотя и является самым мощным за этот период. В последние два десятилетия в различных областях земного шара наблюдались крупные климатические аномалии, повторяемость которых сильно возросла. Среди них засухи и наводнения, холодные и теплые зимы, необычно длительные дожди, торнадо, ураганные ветры, которые во многих случаях катастрофически повлияли на экономику и социальную жизнь ряда стран мира. Достаточно назвать наводнение в Европе в 2003 г. и другие явления.

Чего еще следует ожидать?

В последние годы средства массовой информации, базируясь на различного рода докладах, подготовленных зачастую непрофессионалами, прогнозируют апокалипсис, связывая его с потеплением, так и с похолоданием климата. Уровень научной неопределенности влияния естественных и антропогенных факторов порождает и противоположные сценарии изменения климата. Основываясь на мнении большинства профессиональных ученых (хотя наука - это не та область, где вопрос можно решить большинством голосов), модельных расчетах, экспериментальных данных, с большей вероятностью можно говорить о будущем потеплении климата. Однако в геологических масштабах времени развивается похолодание климата за счет изменения орбитальных параметров Земли, но его скорость как минимум на два порядка ниже, чем скорость современного потепления.

Верно, однако, и то, что если температура на планете будет увеличиваться, то растают многолетние льды и теплые воды Гольфстрима будут вытесняться с поверхности более легкими опресненными водами на глубину. В результате похолодает в Европе. Но это крайне медленный процесс, и апокалипсис, связанный с «оледенением» Европы, в ближайшие десятилетия маловероятен. Для того, чтобы он наступил, падение температуры должно составить около $3 - 5^{\circ}\text{C}$. Это приведет к сокращению вегетационного периода на два-три месяца и станет катастрофой для растительности в ряде районов.

Более реальный сценарий — глобальное потепление к концу XXI столетия на $2-3^{\circ}\text{C}$. Увеличение среднегодовой температуры на 1°C отвечает смещению климатических зон на 150-200 км. Этого будет достаточно, чтобы в ряде районов между странами обострилась конкуренция за ресурсы, продовольствие и пресную воду.

Потепление климата может стать еще одной причиной межгосударственных конфликтов, кроме ныне существующих религиозных, национальных, идеологических. Давлению подвергнутся страны, которые обладают большими сырьевыми ресурсами (нефть, газ, уголь, вода, лес).

Сейчас уже совершенно ясно, что сокращение выбросов парниковых газов или даже их стабилизация на низком уровне вряд ли возможны, поскольку такие страны-гиганты, как США, Китай, Индия, Бразилия, Индонезия будут

увеличивать выбросы парниковых газов в атмосферу. Даже многие европейские страны не выполняют условия Киотского протокола. Следовательно, маловероятно предотвратить изменения климата посредством мер, указанных в Киотском протоколе. А коль так, то все силы надо бросить на адаптацию различных отраслей хозяйственной деятельности к изменяющемуся климату. И начинать надо сейчас.

Человечество, вероятно, еще не полностью осознало катастрофичность сложившейся экологической ситуации. Наше мышление продолжает еще оставаться далеким от ноосферного, а сбалансированное, совместное развитие природы и общества пока не имеет места. В силу сложившихся стереотипов мышления стать на устойчивый путь развития в ближайшие 10 — 20 лет человечество вряд ли сможет, а большим временем для такой, воистину революционной, трансформации оно не располагает.

Последствия изменения климата

В разные исторические эпохи обсуждалась роль географической среды, в частности климата, в общественном развитии. В отдельных случаях ведущая роль климата использовалась как оправдание захватнигов и расизма, подтасовки исторических факторов. Так, Хентингтон в учебнике «Основы географии человека» пишет: «Жители циклонических районов... правят миром». В предисловии к книге «Климаты СССР» профессор Чикагского Университета Харрис пишет: «Русская генерал-зима помогла победить армии Наполеона и Гитлера». Особенностью климата Маркхем и Хентингтон пытались объяснить агрессивность японского милитаризма и преуменьшить роль СССР в разгроме фашизма во Второй мировой войне.

В последние годы вопросы влияния климата на хозяйственную деятельность приобрели фундаментальное для науки и практики значение, поскольку планирование и управление хозяйством наряду с использованием законов и экономической информации требуют полного использования знаний о климате, его изменениях, а также корректного применения этих знаний в практике.

Из-за неполного учета климатической информации велики потери в сельском хозяйстве (неурожаи в результате засух, наводнений, вспышек размножения вредителей и распространения болезней растений). Одним из самых сильных бедствий, постигших человечество, стали засухи. Засуха в Сахеле (Африка) с 1968 г. по 1973 г. привела к гибели более 200 тыс. человек, большей части домашних животных. Люди забирались на деревья, потерявшие листву и съедали засохшие почки, разрушали термитники и забирали оттуда семена трав для еды. «Великая сушь» в Австралии в 1983 г. обернулась гигантскими убытками. Потери только урожая пшеницы составили 1 млрд. долларов, погибло огромное количество животных, пожары погубили 72 человека, 8 тысяч осталось без крова. Не успела Австралия оправиться от засухи, как на нее обрушились затяжные ливни.

Изменение климата затронуло и океаны. Оно привело к новому циклу смены нереста и откорма рыбы, изменению циркуляции вод.

Традиционное мнение о том, что атмосферные аномалии влияют только на сельское хозяйство, ушли в прошлое. От изменений климата зависят энергетика, строительство, коммунальное хозяйство. Учет в климатологии стихийных явлений необходим при разработке обоснованных мер защиты, создании сельскохозяйственных и энергетических резервов.

Роль климата в истории

Определение роли климата в истории человечества позволит подойти к прогнозу политических, экономических и социальных последствий возможных изменений климата, хотя далеко не всегда климатическая составляющая в изменении общества может быть определена и правильно истолкована. Последнее обстоятельство дает широкое поле для различного рода спекуляций при интерпретации связей климата и общества.

Считается, что суровые климатические условия жизни ускорили процесс эволюции и приспособления человека. Изменяющиеся климатические условия (наступление пустыни) заставили человека покинуть ранее плодородные и хорошо увлажненные области Северной Африки. Предки современных европейских народов, персов и индусов покинули свою родину (горы Средней Азии и Кавказа) и расселились в области с более мягким климатом. Имеются данные, что продолжительные и частые наводнения и засухи вызывали голод и массовую миграцию людей. Более детально вопрос рассмотрен в главе 2.

Климатический детерминизм Хентингтона и Семпле предопределял климат как главный компонент в развитии культуры, здоровья и истории человечества. Детализировано несколько случаев, когда климат, видимо, был главным фактором локализации и развития человеческой цивилизации. Уход римлян из Северной Африки Хентингтон связывает с усилением засушливости в этих районах. Нашествие монголов на Русь Хентингтон также связывает с климатическими условиями в этот исторический период. Исчезновение поселений викингов в Гренландии объясняется ухудшением климатических условий.

В годы крупных климатических аномалий, приводивших к голоду, мир был подвержен существенным политическим потрясениям. Так, недобор зерна и голод были одним из факторов, оказавших влияние на Французскую революцию (1789 г.), Европейскую революцию (1848 г.), революцию в Эфиопии (1972 г.).

Засухи в Сахельской зоне Африки с конца 1960-х годов затронули обширные территории (5,2 млн км²) с населением около 60 млн человек. Эти засухи вызвали страшный голод. Наводнения в долине Ганга принесли бедствия народам Индии, Бангладеша и ряда других стран. Засуха 1976 г. в Западной Европе, засухи 1970-х и начала 1980-х годов в СССР и некоторых других странах существенно отразились не только на урожае этих стран, но и на мировых запасах зерна и продовольствия.

Значительные климатические аномалии в Северной Америке (две суровые зимы 1978/79 и 1980/81 гг., засухи 1977 и 1980 гг. и др.) существенно повлияли на экономику США в эти годы.

С сильными засухами, сопровождавшимися массовым голодом, связывают переломные события в истории Мексики, восстание под предводительством Идальго в 1810 г. и гражданскую войну 1830 г. Указанная выше революция 1789 г. во Франции и Февральская революция 1917 г. в России вспыхнули в столицах, жители которых страдали от роста цен и продовольственных трудностей.

Голодные бунты в Аргентине в начале 1989 г. и 2001-2002 гг. привели к тому, что правительство установило цены на главные продовольственные товары и приняло другие меры. Случалось так, что внезапные изменения погоды решали исход войны. Внезапная буря погубила «великую армаду» Испании в англо-испанской войне. Один из походов царя Ивана IV на Казань в 1548 г. закончился неудачей вследствие теплой и малоснежной зимы. Снаряжение и люди провалились под лед при переправе через Волгу у Нижнего Новгорода. Погода помогла России в Крымской войне 1854-1856 гг. 14 ноября 1854 г. над Крымом в Балаклавской бухте пронеслась буря страшной силы. Ветер обрушился на корабли английской и французской эскадры и уничтожил их. Царь Николай I писал князю Меншикову: «Спасибо буре! Она нам услужила хорошо...»

Во время гражданской войны (1920 г.) войска под командованием М.В. Фрунзе перешли залив Сиваш, пользуясь ветром, который согнал почти всю воду из залива, и неожиданно появились в тылу белогвардейцев Врангеля. Это ускорило освобождение Крымского полуострова.

Естественно, что далеко не все изменения в политике, культуре, уровне цивилизации и окружающей среде напрямую связаны с климатом, и не случайно климатический детерминизм встречал критику в отечественных и зарубежных работах. Однако следует отдать должное ученым, которые обратили внимание на важную роль климата в развитии человеческого общества.

Оценка последствий изменения климата в Беларуси

Для Беларуси потепление климата приведет к серьезным изменениям в первую очередь в сельском и лесном хозяйстве. Климатические зоны продвинутся к северу. Повышение температуры приведет к увеличению продолжительности вегетационного периода, росту урожайности. Более ранние сроки сева, благодаря теплой весне, приведут к росту продуктивности вследствие более полной утилизации возросших тепловых ресурсов. Появится возможность внедрять позднеспелые и, как правило, более урожайные сорта. Потепление климата обуславливает повышение абсолютной влажности воздуха, в связи с чем существенно возрастает количество осадков. Однако рост осадков более характерен для северной части республики, где увлажненность территории и без этих возникших обстоятельств достаточная. Рост осадков в северной части республики может приводить к вымоканию посевов, эрозии почв и дополнительному смыву в реки и озера питательных солей, таких, как нитраты и

фосфаты. Это приведет в свою очередь к загрязнению водоемов, нарушению водоснабжения, нанесению ущерба водной фауне, лесу и др. природным объектам.

На юге и в центральной части республики, вероятно, произойдет падение количества осадков, особенно весной и во вторую половину лета. В первую половину лета количество осадков может несколько увеличиться, что увеличит влагообеспеченность сельскохозяйственных культур.

В то же самое время на фоне в целом благоприятного для народного хозяйства республики повышения температуры следует ожидать увеличения количества экстремальных климатических аномалий. Климат станет более «капризным», что затруднит адаптацию к нему различных отраслей промышленности и сельского хозяйства и приведет к большим экономическим потерям.

Последствия потепления климата для биологических систем можно свести к следующему:

1) негативные последствия:

- общая аридизация растительного покрова, сопровождающаяся негативным внедрением видов степей и лесостепей в бореальные, в т. ч. лесные экосистемы, с одновременным вытеснением бореальных ценоотических элементов, среди которых важные лесообразователи, такие, как ель, ольха, сосна;
- повышение вероятности возникновения экстремальных климатических явлений (засух, ураганных ветров, массированных снегопадов, избыточных осадков и т. п.), ведущих к прямому повреждению лесов или инициирующих вспышки массового размножения вредителей леса;
- ухудшение условий влагообеспеченности вследствие общего снижения уровня грунтовых вод на значительных территориях в результате действия комплекса техногенных и климатически детерминированных факторов;
- увеличение расходов на дыхание в течение вегетационного сезона в результате повышения среднесуточных температур;
- снижение темпов накопления торфяной залежи лесных болот;
- увеличение числа вредителей сельского и лесного хозяйства, вызывающих необходимость более массового использования пестицидов и, как следствие, загрязнение почвы и воды;

2) позитивные последствия:

- увеличение протяженности вегетационного периода;
- ослабление физического испарения с поверхности почвы и поверхностных вод, а также транспирации вследствие ослабления ветров в зонах;
- общее ускорение круговорота веществ в лесных экосистемах;
- рост продуктивности растений вследствие снижения уровня лимитирования CO_2 в результате повышения его концентрации в атмосфере;

- обогащение биоразнообразия за счет видов термо- и ксерофильных европейско-малоазийского и евросибирско-аралокаспийского биотических комплексов.

Потепление климата окажется благоприятным для энергетики и строительной индустрии. Теплые зимы приведут к уменьшению расходов органического топлива, уменьшению выбросов загрязняющих веществ. Повышение температуры зимой улучшит условия выполнения строительных работ на открытом воздухе, уменьшит затраты при производстве различных видов строительных работ.

ГЛАВА 7 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

В которой мы узнаем, почему нельзя умываться дождевой водой, почему кислота падает с неба, а также что такое «сухие» осадки и как влияют кислотные дожди на окружающую среду: на растения, животных, человека и плоды его трудов. Интересно будет узнать и то, что же ожидает нас в будущем из-за закисления окружающей нас среды и стоит ли этого бояться.

Среди весьма серьезных проблем экологического плана наибольшее беспокойство вызывает нарастающее загрязнение воздушного бассейна Земли примесями, имеющими техногенное происхождение. Атмосферный воздух является основной средой деятельности биосферы, в том числе человека. Сложившееся на протяжении эволюции Земли постоянное соотношение между основными компонентами воздуха (азотом, кислородом и инертными газами) существенно не изменилось в результате развития цивилизации. Однако в период промышленной и научно-технической революции увеличился объем эмиссии в атмосферу газов и аэрозолей техногенного происхождения. Наиболее активными с точки зрения химического взаимодействия с компонентами атмосферы и биосферы, а также с органическими и неорганическими материалами являются соединения серы, фосфора и галогенов. Основными источниками загрязнения атмосферы являются энергетические установки, в которых используется минеральное топливо (уголь, нефть, сланцы), предприятия черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, авиационный и автомобильный транспорт. Помимо газов в атмосферу попадает громадное количество аэрозолей различного происхождения (от предприятий строительной индустрии, энергетических станций, транспорта и др.).

Попав в атмосферу, многие загрязнения подвергаются химическим или фотохимическим превращениям с участием компонентов воздуха. Конечные продукты химических превращений удаляются из атмосферы с осадками или выпадают на поверхность Земли с аэрозолями. На поверхности биологических

объектов, строительных конструкций и других предметов, загрязнения (или продукты их превращений) интенсифицируют физико-химические процессы разрушения органических веществ, металлов и неорганических материалов.

Ущерб, наносимый атмосферными загрязнениями живой природе и продуктам производственной деятельности человека, трудно оценить, но гибель лесов, загрязнение водных бассейнов, распространение аллергических заболеваний, нарушение биологического равновесия в экосистемах не в последнюю очередь связаны с высокими концентрациями агрессивных примесей в атмосфере.

В настоящее время концентрация диоксида углерода в атмосфере в результате сжигания ископаемого топлива медленно и равномерно возрастает. Изменение концентрации диоксида углерода в атмосфере происходит вместе с изменением баланса излучения, а именно, с изменением разницы между количествами поступающей и отдаваемой энергии. Установлено, что из-за этого может заметно возрасти температура воздуха, особенно в районах Северного и Южного полюсов. Вследствие этого изменяются циркуляционные связи в атмосфере, замедляется теплообмен между местами с позитивным и негативным энергетическим балансом и происходит изменение климата.

Другой источник опасности связан с производством галогензамещенных углеводородов (хлорированных и фторированных). Самыми распространенными из них являются фреоны, которые кроме всего прочего используются и в аэрозольных упаковках. Они представляют собой химически очень стойкие соединения, способные долгое время оставаться в неизменной форме в нижних слоях атмосферы. В то же время они медленно перемещаются в более высокие слои воздуха (стратосферу), где коротковолновые ультрафиолетовые лучи выбивают из них атомы хлора и фтора. Эти атомы вступают в реакцию с находящимся в стратосфере озоном (O_3) и ускоряют его распад, оставаясь при этом неизменными. В химии подобное явление называется катализом. Таким образом, фреон играет здесь роль катализатора. Один атом хлора или фтора может принять участие в нескольких сотнях циклов разрушений озона. Разрушению озона способствуют не только галогензамещенные углеводороды, но и поступившие в стратосферу оксиды азота, образующиеся при сгорании топлива самолетов и ракет. Если концентрация озона в стратосфере уменьшается, то это может привести к нарушению баланса излучения в атмосфере. Уменьшение содержания озона в стратосфере способствует прониканию на Землю коротковолновых ультрафиолетовых лучей. Содержащийся в стратосфере озон поглощает поступающее от Солнца излучение с длиной волны менее 0,29 мкм, усиление же ультрафиолетового излучения становится в значительной степени опасным для жизни.

Еще одной серьезной экологической проблемой является повышение кислотности среды. В последнее время средства массовой информации часто сообщают о случаях гибели рыбы и лесов, подкисления почвы, коррозии

памятников и зданий, связанных с кислотными дождями. Кислотным дождям давно уделяется должное внимание, специалисты скандинавских стран еще в 50-е годы указывали на эту опасность. Само выражение «кислотный дождь» существует уже более 130 лет; впервые его использовал британский исследователь Роберт Ангус Смит в 1872 г. Таким образом, эта проблема отнюдь не нова, и можно предположить, что вряд ли она будет решена в ближайшее время.

При изучении кислотных дождей нужно прежде всего ответить на два основных вопроса: что является причиной кислотных дождей и как они воздействуют на различные земные сферы, живые существа, предметы и т.д. Далее встает важный вопрос о том, чего мы ждем в будущем, можно ли приостановить нежелательные процессы и возместить уже понесенный ущерб.

По существу кислотный дождь представляет собой следствие взаимного воздействия друг на друга различных сфер Земли (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы и т.д.). Как известно, отдельные элементы и соединения участвуют в круговороте веществ на Земле. Такой же обмен веществ постоянно происходит и между различными сферами, включая, естественно, атмосферу. За исключением некоторых инертных газов составляющие атмосферу вещества находятся в ней в течение определенного времени. На основании этого газы, входящие в состав атмосферы, можно разбить на три группы:

- устойчивые (азот, кислород, аргон и др.);
- неустойчивые (диоксид углерода, метан, водород и др.);
- сильно изменяющиеся (диоксид серы, оксид и диоксид азота, аммиак и т.д.).

Изменение концентраций постоянных составляющих атмосферы можно не принимать во внимание, поскольку деятельность человека не может оказать на нее существенное влияние в течение ограниченного отрезка времени. Трудно представить себе, например, что количество молекулярного азота, занимающего в объеме атмосферы 78%, может быть значительно увеличено или уменьшено под воздействием человека. По-другому обстоит дело у неустойчивых и сильно изменяющихся составляющих, концентрации которых обычно значительно меньше и могут легко измениться в результате деятельности человека. Сильно изменяющиеся вещества обладают одной интересной особенностью: несмотря на свою малую концентрацию, они могут заметно влиять на физическое и химическое состояние атмосферы. Атмосферу нельзя представить как однородную газообразную среду, она является дисперсной системой, состоящей из воздуха и взвешенных в нем аэрозольных твердых частиц и капель жидкости. Если бы не было аэрозольных частиц, то была бы возможна видимость на многие сотни километров. Эти частицы в значительной мере определяют уровень излучения в атмосфере. Без частиц аэрозолей невозможно было бы образование облаков и тумана, а также прекратился бы круговорот воды.

Поскольку состав атмосферы относительно постоянен, можно сделать заключение, что за одно и то же время количества поступивших в нее (эмиссия) и

выбывших веществ одинаковы. При изучении движения веществ и атмосфере необходимо учесть ее основные особенности:

- воздух представляет собой легко перемещающуюся среду, во время движения которой происходят быстрые передвижения с одного места на другое;
- в состав атмосферы входят окислители, а излучение Солнца способствует химическим превращениям, происходящим при окислении;
- непрерывающаяся смена агрегатных состояний атмосферной воды (пар, жидкость, лед) в значительной мере влияет на круговорот микроэлементов, растворенных в воде или вступающих в химическую реакцию с ней.

Известно, что источником кислотных осадков в атмосфере являются газы, содержащие серу и азот. Наиболее важные из них – диоксид углерода, сероводород и оксиды азота. Эти соединения попадают в атмосферу не только в результате жизнедеятельности человека; приблизительно половина из них поступает в воздух естественным путем. Таким образом, существует и «естественный кислотный дождь». Установлено, что из-за CO_2 , находящегося в атмосфере, и попавших туда естественным путем микроэлементов, вода осадков может быть кислой без воздействий человека. Деятельность человека накладывается на естественный «базис». Собственно говоря, беда была бы не столь велика, если бы загрязняющие воздух вещества техногенного (а также естественного) происхождения равномерно распределялись по поверхности Земли. Проблема возникает из-за того, что эмиссия загрязняющих среду веществ ограничена относительно узкой территорией. Большая часть загрязняющих веществ высвобождается над наиболее загрязненными территориями Европы и Северной Америки, что составляет примерно 5% суши. Кое-где искусственная эмиссия в 5-20 раз выше естественной. В этих районах простирающихся на сотни и тысячи километров, природа уже не может выдерживать дополнительных нагрузок, не изменяясь.

Как попадают соединения серы и азота в атмосферу?

Виды соединений серы. К наиболее важным соединениям серы, находящимся в атмосфере, относятся диоксид серы (SO_2), окисульфид (сероокись углерода, COS), сероуглерод (CS_2), сероводород (H_2S) и диметилсульфид ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$). Последние четыре соединения вследствие сильного окислительного действия атмосферы легко превращаются в двуокись серы или в серную кислоту (сульфаты). Под влиянием деятельности человека более всего изменяется содержание диоксида серы.

В сильно загрязненных районах уровень диоксида серы может в 1000 и даже в десятки тысяч раз превысить естественную границу значений на суше и в океане. Среди соединений серы, находящихся в твердом и жидком состоянии, принимаются в расчет только серная кислота и сульфаты (сульфат и гидросульфат аммония), а также морская соль.

Источники соединений серы. Соединения серы частично попадают в атмосферу естественным путем, а частично техногенным. Поверхность суши, как

и поверхность океанов и морей, играет роль естественного источника. Обычно деятельность человека ограничивается сушей, поэтому мы можем учитывать загрязнение серой только на этой территории.

Существуют три основных источника естественной эмиссии серы.

Разрушение органики. С помощью анаэробных (действующих без участия кислорода) микроорганизмов происходят процессы разрушения органических веществ, а содержащаяся в них сера образует газообразные соединения.

Вначале в атмосфере был обнаружен сероводород, а затем с развитием измерительных приборов и способов отбора проб воздуха удалось выделить ряд органических газообразных соединений серы. Наиболее важными источниками этих газов являются болота, зоны приливов и отливов у береговой линии морей, устья рек и некоторые почвы, содержащие большое количество органических веществ. Можно предположить, что выделение серы биологическим путем не превышает 30-40 млн т в год, что составляет около 1/3 всего выделяемого количества серы из всех источников.

Вулканическая деятельность. При извержении вулкана в атмосферу, наряду с большим количеством диоксида серы, попадают сероводород, сульфаты и элементарная сера. Эти соединения поступают главным образом в нижний слой - тропосферу. С извержением вулканов в атмосферу ежегодно в среднем попадает около 2 млн. т серосодержащих соединений.

Поверхность океанов. После испарения капель воды, поступающих в атмосферу с поверхности океанов, остается морская соль, содержащая наряду с ионами натрия и хлора соединения серы – сульфаты.

Вместе с частицами морской соли ежегодно в атмосферу попадает 50-200 млн т серы, что гораздо больше, чем эмиссия серы биологическим путем. Следует также учесть, что из сульфатов морского происхождения не может образоваться серная кислота, поэтому с точки зрения образования кислотных дождей они не имеют существенного значения. Их влияние сказывается лишь на регулировании образования облаков и осадков.

В результате техногенной деятельности в атмосферу выбрасываются значительные количества соединений серы, главным образом в виде ее диоксида. Среди источников этих соединений на первом месте стоит уголь, сжигаемый в печах и на электростанциях, который дает 70% техногенных выбросов. Содержание серы (несколько процентов) в угле достаточно велико (особенно в буром угле). В процессе горения сера превращается в сернистый газ, а часть серы остается в золе в твердом состоянии.

Содержание серы в неочищенной нефти также достаточно велико в зависимости от места происхождения (0,1-2%). При сгорании нефтяных продуктов сернистого газа образуется значительно меньше, чем при сгорании угля.

Источниками образования диоксида серы могут быть так же отдельные отрасли промышленности, главным образом металлургическая, а также

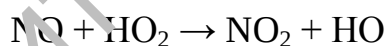
предприятия по производству серной кислоты и переработке нефти. На транспорте загрязнение соединениями серы относительно незначительно, там в первую очередь необходимо считаться с оксидами азота.

Таким образом, ежегодно в результате деятельности человека в атмосферу попадает сотни млн. т серы в виде ее диоксида. Сравнение естественных и техногенных выбросов соединений серы показывает, что человек загрязняет атмосферу газообразными соединениями серы в 2 раза больше, чем это происходит в природе. К тому же эти соединения концентрируются в районах с развитой промышленностью, где антропогенные выбросы в несколько раз превышают естественные, т. е. главным образом в Европе, Северной Америке, Китае, Японии.

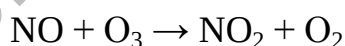
Виды соединений азота. В состав атмосферы входит ряд азотсодержащих веществ, из которых наиболее распространена закись азота N_2O . Этот газ в нижних слоях воздуха нейтрален и с рассматриваемой здесь точки зрения не представляет интереса. В то же время в воздухе имеются кислотные оксиды азота, например, оксид азота NO и диоксид азота NO_2 .

При нормальных атмосферных условиях имеет экологическое значение только оксид, диоксид и закись азота. Последняя не принимает участия в кислотной седиментации, следовательно, остаются только оксид и диоксид азота, которые в результате протекающих в атмосфере реакций образуют азотистую кислоту.

Оксид азота под действием окислителей (например, озона) или различных свободных радикалов преобразуется в диоксид азота:



или



Итак, можно предположить, что оксидом азота можно пренебречь вследствие указанных окислительных процессов. Однако это не совсем так, что объясняется двумя причинами. Первая заключается в том, что выброс оксидов азота в значительной степени происходит в форме окиси азота, и требуется время, чтобы NO полностью превратилась в NO_2 . Обычно пользуются формулой NO_x , которая обозначает сумму объемов оксида и диоксида азота.

Кислотную среду в атмосфере создает также азотная кислота, образующаяся из оксидов азота. Если находящаяся в воздухе азотная кислота нейтрализуется, то образуется азотнокислая соль, которая обычно присутствует в атмосфере в виде аэрозолей. Это относится также к солям аммония, которые получаются в результате взаимодействий аммиака с какой-либо кислотой.

Источники соединений азота. Эти источники могут быть как естественными, так и техногенными. Наиболее важные *естественные источники*.

– *почвенная эмиссия* оксидов азота. В процессе деятельности живущих в почве денитрифицирующих бактерий из нитратов высвобождаются оксиды азота.

Согласно современным данным ежегодно во всем мире образуется 8 млн т оксидов азота (в пересчете на азот);

– *грозовые разряды*. Во время электрических разрядов в атмосфере из-за очень высокой температуры и перехода в плазменное состояние молекулярные азот и кислород в воздухе соединяются в оксиды азота. В состоянии плазмы, «четвертом агрегатном состоянии», атомы и молекулы ионизируются и легко вступают в химическую реакцию. Общее количество образовавшихся таким способом оксидов азота составляет 8 млн т в год;

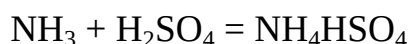
– *горение биомассы*. Этот источник может быть как естественным, так и искусственным. Наибольшее количество биомассы сгорает в результате выжигания леса (с целью получения производственных площадей) и пожаров в саванне. При горении биомассы в воздух поступает 12 млн т оксидов азота (в пересчете на азот) в год.

Среди техногенных источников образования азота на первом месте стоит горение ископаемого топлива (уголь, нефть, газ и т. д.). Во время горения в результате возникновения высокой температуры находящиеся в воздухе азот и кислород соединяются. Количество образовавшегося оксида азота NO пропорционально температуре горения. Кроме того, оксиды азота образуются в результате горения имеющихся в топливе азотсодержащих веществ. Сжигая топливо, человек ежегодно выбрасывает в воздух 12 млн т оксидов азота. Немного меньше оксидов азота (8 млн т в год) поступает от двигателей внутреннего сгорания. Значительным источником оксидов азота является транспорт.

Промышленность, выбрасывающая в воздух ежегодно 1 млн т оксидов азота, не представляет собой серьезного источника загрязнения по сравнению с отоплением и транспортом. В целом количества естественных и искусственных выбросов приблизительно одинаковы, однако последние, так же как и выбросы соединений серы, сосредоточены на ограниченных территориях Земли.

Только в Европе в результате сжигания топлива, а также от транспорта и промышленности ежегодно поступает в воздух десятки млн. т оксидов азота.

Атмосферный аммиак. Аммиак, имеющий в водном растворе щелочную реакцию, играет значительную роль в регулировании кислотных дождей, так как он может нейтрализовать атмосферные кислотные соединения с помощью следующих реакций:



Эти химические реакции ведут к образованию сульфата и нитрата аммония.

Важнейшим источником атмосферного аммиака является почва. Находящиеся в почве органические вещества разрушаются определенными бактериями, и одним из конечных продуктов этого процесса является аммиак. Установлено, что активность бактерий, приводящая в конечном счете к образованию аммиака, зависит в первую очередь от температуры и влажности почвы.

Распространение кислотных веществ в атмосфере

Загрязняющие вещества, выделяющиеся из источников, близких к поверхности Земли, естественно, не задерживаются на одном месте, а распространяются в вертикальном и горизонтальном направлениях, частично преобразовываясь при этом. Рассмотрим сначала вертикальное перемешивание, которое происходит посредством конвекционных (упорядоченных вертикальных) или турбулентных (неупорядоченных) движений. В зависимости от структуры атмосферы и ее состояния в данный момент перемешивание может достигнуть только определенной высоты. Эта высота в первую очередь зависит от распределения температуры по вертикали в атмосфере. Как известно, начиная с поверхности Земли температура воздуха по мере движения в верх обычно снижается, в среднем на $0,6^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м. На высоте 8-18 км от поверхности это понижение исчезает, более того, двигаясь выше, можно наблюдать потепление. Этот слой, где происходит изменение температуры в обратном направлении, называется тропопаузой, а пространство между ней и поверхностью — тропосферой. Высота тропопаузы (8-18 км) зависит от географической широты и для данного места остается постоянной. Выше находится стратосфера, где потепление в вертикальном направлении происходит в результате поглощения коротковолнового излучения и протекания фотохимических реакций. Разделяющая две сферы тропопауза играет важную роль, она действует как экранирующий слой между тропосферой и стратосферой. Физическим условием движения потока вверх является снижение температуры воздуха в этом же направлении. Поэтому перемешивание в тропопаузе замедляется, и загрязняющие вещества уже не могут проникнуть в стратосферу.

Таким образом, возвращаясь к тропопаузе, можно сказать, что в результате увеличения температуры с высотой перемешивание на этом уровне прекращается. В то же время часто уже в нижних слоях тропосферы, вблизи от поверхности, наблюдается инверсия температуры, т. е. изменение ее в противоположном направлении, которое также приводит к прекращению вертикального перемещения. Местонахождение инверсии иногда хорошо видно невооруженным глазом. Например, в Минске, особенно в зимние месяцы, над загрязненными местами иногда можно превосходно разглядеть границу между серым загрязненным нижним и верхним чистым слоями воздуха. На этой границе прекращается вертикальное перемешивание загрязняющих веществ.

Кислотные загрязняющие вещества, естественно, распространяются не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении. Этот процесс происходит под воздействием ветра при упорядоченном движении воздуха или

же в результате турбулентного (неупорядоченного) движения. Расстояние, которое может в среднем пройти одна молекула загрязняющего вещества, зависит помимо скорости ветра и от времени ее пребывания в атмосфере. Все находящиеся в атмосфере вещества, в том числе и ее основные компоненты, через определенное время вступают в химическую реакцию либо выпадают из атмосферы на поверхность в виде осадка. Время, в течение которого в среднем молекулы соединений проводят в атмосфере, называется временем пребывания. Обычно, чем короче время пребывания заданного вещества в атмосфере, тем выше его способность изменяться в пространстве и во времени. Концентрация же диоксида азота может в несколько раз изменяться в зависимости от места и времени. Время ее пребывания составляет лишь 8-10 сут, а для серы оно еще короче – около 2 суток. Это, естественно, не означает, что каждая молекула диоксида серы точно через 2 суток исчезает из атмосферы, так как время жизни каждой молекулы статистически колеблется вокруг среднего значения.

Что означают для диоксида серы эти двое суток времени пребывания? На какое расстояние в среднем эта молекула может распространиться с помощью ветра? Возьмем скорость ветра 10 м/с, которая довольно часто бывает на высоте 1 км от поверхности Земли. Легко можно подсчитать, что одна «средняя» молекула диоксида серы на «крыльях ветра» может удалиться примерно на 2000 км от места выброса. Если же мы примем во внимание среднее значение скорости ветра у поверхности почвы, то среднее пройденное молекулой расстояние составит около 500 км. Таким образом, молекула диоксид серы в среднем может покрыть расстояние 1000 км. Для диоксида азота это расстояние из-за более продолжительного времени пребывания может быть еще больше.

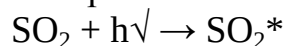
Распространение загрязняющих веществ в таких масштабах создало много международных проблем. Поскольку загрязнение воздуха не знает границ, выброс загрязняющих веществ в одном государстве может загрязнить воздух другого. Например, существует тесная связь между образованием кислотных дождей в Скандинавских странах и эмиссией соединений серы и азота в Средней и Западной Европе. Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК) в рамках «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП) уже подсчитала, в какой степени то или иное европейское государство несет ответственность, например, за выпадение кислотных дождей в Скандинавских странах. Из кислотных соединений серы на Беларусь приходится менее 1%. Однако проблема сложнее, так как необходимо принять во внимание также количества загрязняющих веществ, которые удаляются из определенной страны и поступают туда из других стран.

Химические превращения соединений серы. Сера входит в состав выбросов в не полностью окисленной форме (степень окисления серы в ее диоксиде равна 4, т.е. к двум атомам кислорода присоединяется один атом серы). Если соединения серы находятся в воздухе в течение достаточно длительного времени, то под

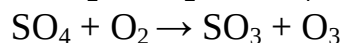
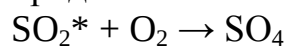
действием содержащихся в воздухе окислителей они превращаются в серную кислоту или сульфаты.

Рассмотрим в первую очередь наиболее значительное с точки зрения кислотных дождей вещество - *диоксид серы*.

Одной из реакций является взаимодействие молекулы диоксида серы с фотоном ($h\nu$) в видимой области спектра:



В результате этого процесса возникают так называемые активированные молекулы, которые располагают избыточной энергией по сравнению с основным состоянием. Звездочка означает активированное состояние. Активированные молекулы двуокиси серы в отличие от «нормальных» молекул могут вступать в химическое взаимодействие с находящимся в воздухе в довольно больших количествах молекулярным кислородом:

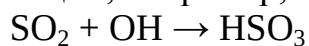


Образовавшаяся трехокись серы, взаимодействуя с атмосферной водой, очень быстро превращается в серную кислоту, поэтому при обычных атмосферных условиях трехокись серы не содержится в воздухе в значительных количествах. Иногда диоксид серы может вступить во взаимодействие с атомарным кислородом, также с образованием трехокиси серы:



Эта реакция протекает в тех средах, где имеется высокое содержание диоксида азота, которая также под действием света выделяет атомарный кислород.

В последние годы было установлено, что описанные выше механизмы превращения двуокиси серы в атмосфере не имеют преобладающего значения, так как реакции протекают главным образом при участии свободных радикалов. Свободные радикалы, возникающие при фотохимических процессах, содержат непарный электрон, благодаря чему они обладают повышенной реакционной способностью. Одна из таких реакций, например, протекает следующим образом:



В результате реакции образуются молекулы серной кислоты, которые в воздухе или на поверхности аэрозольных частиц быстро конденсируются.

Химические превращения соединений азота. Наиболее распространенным соединением азота, входящим в состав выбросов, является оксид азота NO, который при взаимодействии с кислородом воздуха образует диоксид азота. Последняя в результате реакции с радикалом гидроксила превращается в азотную кислоту:



Полученная таким образом азотная кислота в отличие от серной может долгое время оставаться в газообразном состоянии, так как она плохо конденсируется. Другими словами, азотная кислота обладает большей летучестью, чем серная. Пары азотной кислоты могут быть поглощены капельками облаков или осадков или частицами аэрозоля.

Кислотные дожди

Выше мы познакомились с выбросами кислотных соединений серы и азота, с их распространением и превращением в атмосфере. Заключительным этапом в круговороте загрязняющих веществ является их осаждение которое может происходить двумя путями. Первый путь – вымывание осадков, или влажное осаждение. Второй путь – выпадение осадков, или сухое осаждение.

Вымывание кислотных веществ из атмосферы. Происходит во время образования облаков и осадков. Одним из условий образования облаков является перенасыщенность. Это означает, что воздух содержит больше водяного пара, чем он может принять при заданной температуре, сохраняя равновесие. В метеорологии в таких случаях принято говорить что относительное содержание пара в воздухе более 100%.

При понижении температуры способность воздуха накапливать воду в виде пара уменьшается. Если воздушная масса начинает подниматься перпендикулярно вверх (например, под действием метеорологического фронта), то она остывает, и воздух становится перенасыщенным относительно водяного пара. Тогда начинается конденсация водяного пара, которая происходит до тех пор, пока не прекратится перенасыщенность. Однако при обычных атмосферных условиях водяной пар способен конденсироваться только при относительной влажности 400-500%. Относительная влажность в атмосфере лишь в редких случаях может превысить 100,5%. При такой перенасыщенности капельки облаков могут возникать только на частицах аэрозоля — так называемых конденсационных ядрах. Этими ядрами часто являются хорошо растворимые в воде соединения серы и азота.

После начала образования капель элементы облака продолжают поглощать аэрозольные частицы и молекулы газа. Поэтому воду облака или его кристаллы можно рассматривать как раствор атмосферных микроэлементов. Естественно, что элементы облака не могут безгранично увеличиваться. Возникающая под действием гравитации седиментация, которая растет с увеличением размера капель, рано или поздно приводит к выпадению капель облаков с высоты нескольких сотен или тысяч метров. Во время выпадения эти капли промывают слой атмосферы между облаками и поверхностью земли. В это время поглощаются новые молекулы газа, и новые аэрозольные частицы захватываются падающей каплей. Таким образом, достигающая поверхности земли вода вопреки общепринятому мнению никоим образом не является дистиллированной водой. Более того, во многих случаях растворенные в воде осадков вещества могут

служить важным и иногда даже единственным источником восстановления запасов этих веществ в различных сферах.

Наиболее значительная сеть атмосферных измерений в Европе создана в рамках «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП). В программе принимают участие все страны Европы. Цель этой программы состоит в исследовании распространения кислотных загрязняющих воздух соединений в различных странах.

Кислотность дождевых осадков. Известно, что, если бы в воздухе не было микроэлементов, то значение pH атмосферных осадков составляло бы 5,6 из-за наличия диоксида углерода. Это значение уменьшается из-за находящихся в атмосфере кислотных микроэлементов – соединений серы и азота. Если бы не происходило загрязнение окружающей среды в результате деятельности человека, то значение pH осадков, согласно отдельным прогнозам, уменьшалось бы самое большее до 5, что соответствует четырехкратному увеличению кислотности. Однако, в результате деятельности человека pH уменьшается еще более значительно.

Таким образом, дождь, имеющий величину pH дождевой воды менее 5,6, называется кислым, при этом для слабокислого дождя эта величина изменяется в пределах от 5,6-5,0; кислого – 5,0-4,5; среднекислого – 4,5-3,5 и очень кислого <3,5.

Максимальное в мире значение кислотности (pH = 2,25) установили в Китае в 1981 г. в районе с сильным загрязнением воздуха. Эта атмосферная вода, фактически являющаяся кислотой, представляет непосредственную опасность для окружающей среды и человека. В каждом ее литре содержалось около 0,3 г серной или азотной кислоты, в то время как даже используемый в хозяйстве уксус имеет pH = 2,8.

«Сухие» осадки (сухие выпадения). Хотя эта форма осаждения существенно отличается от влажной седиментации, конечный результат ее действия идентичен — попадание кислотных атмосферных микроэлементов, соединений серы и азота на поверхность Земли. Известно много разнообразных кислотных микроэлементов, однако содержание большинства из них настолько мало, что их роль в кислотной седиментации можно не принимать во внимание. В загрязненных местах встречаются следующие соединения серы и азота в значительных концентрациях: газообразный диоксид серы, газообразный диоксид азота, пары азотной кислоты и аэрозольные частицы, содержащие серную кислоту.

Влияние кислотных осадков на окружающую среду

В первую очередь рассмотрим объекты, на которые кислотные осадки оказывают вредное воздействие. Такими объектами являются все процессы и предметы, на которые влияет изменение pH среды, т.е. изменение концентрации ионов водорода. Это относится также и к живым организмам, поскольку большинство биологических процессов чувствительно к изменению pH.

Вредные воздействия можно сгруппировать в зависимости от того, на кого они направлены - на предметы или на живые существа. К первым можно отнести разрушение памятников и зданий, коррозию металлических предметов, ко вторым – воздействие атмосферных кислотных соединений на человека, животных и растения. Так называемые прямые воздействия обычно имеют местное значение и зависят от концентрации кислотных микроэлементов в атмосфере. Эти воздействия происходят вблизи от выброса загрязняющего вещества (в радиусе 100 км).

Однако кислотные осадки могут оказывать вредное воздействие не только на отдельный предмет или живое существо, но и на их совокупность. В природе и в окружающей среде образовались сообщества растений и животных, между которыми, как и между живыми и неживыми организмами, существует постоянный обмен веществ. Эти сообщества, которые называются экологической системой, обычно состоят из четырех групп: неживые объекты, живые организмы, потребители и разрушители.

Влияние кислотности в первую очередь сказывается на состоянии пресных вод и лесов. Обычно воздействия на сообщества бывают косвенными, т.е. опасность представляют не сами кислотные осадки, а протекающие под их влиянием процессы (например, высвобождение алюминия). В определенных объектах (почва, вода, ил и т.д.) в зависимости от кислотности могут возрасти концентрации тяжелых металлов, так как в результате изменения pH изменяется их растворимость. Через питьевую воду и животную пищу, например, через рыбу в организм человека также могут попасть токсичные металлы. Если под действием кислотности изменяется строение почвы, ее биология и химия, то это может привести к гибели растений (например, лесов). Обычно эти косвенные воздействия не являются местными и могут влиять на расстоянии нескольких сотен километров от источника загрязнения.

Косвенные (непрямые) воздействия

Воздействия на леса и пашни. Кислотные осадки воздействуют либо косвенным путем, через почву и корневую систему, либо непосредственно (главным образом на листву). Подкисление почвы определяется различными факторами. В отличие от вод почва обладает способностью к выравниванию кислотности среды, т.е. до определенной степени она сопротивляется усилению кислотности. Попавшие в почву кислоты нейтрализуются, что ведет к сохранению существенного закисления. Однако наряду с естественными процессами на почвах в лесах и на пашнях воздействуют техногенные факторы.

Косвенные воздействия проявляются по-разному. Например, осадки, содержащие соединения азота, некоторое время способствуют росту деревьев, так как снабжают почву питательными веществами. Однако в результате постоянного потребления азота лес им перенасыщается. Тогда увеличивается вымывание нитрата, что ведет к закислению почвы.

Во время выпадения осадков вода, стекающая с листьев, содержит больше серы, калия, магния, кальция и меньше нитрата и аммиака, чем вода осадков, что приводит к

увеличению кислотности почвы. В результате этого возрастают потери необходимых для растений кальция, магния, калия, что ведет к повреждению деревьев.

Поступающие в почву ионы водорода могут замещаться находящимися в почве катионами, в результате чего происходят либо выщелачивание кальция, магния и калия, либо их седиментация в обезвоженной форме.

Далее возрастает также мобильность токсичных тяжелых металлов (марганец, медь, кадмий и др.) в почвах с низкими значениями pH.

Растворимость тяжелых металлов также сильно зависит от pH. Растворенные и вследствие этого легко поглощаемые растениями тяжелые металлы являются ядами для растений и могут привести к их гибели. Широко известно, что алюминий, растворенный в сильноокислой среде, ядовит для живущих в почве организмов. Во многих почвах, например, в северных умеренных и бореальных лесных зонах, наблюдается поглощение более высоких концентраций алюминия по сравнению с концентрациями щелочных катионов.

По последним данным, гибель лесов в Средней и Западной Европе произошла главным образом под влиянием косвенных воздействий.

Воздействие на растительность подразделяют на воздействие самих газов как загрязняющих вредных веществ и воздействие кислых дождей с низкой величиной pH.

Диоксид серы является сильным фитотоксикантом. Рост растений ингибируется при концентрациях SO_2 в воздухе около 0,1 ppm (об). Концентрации между 0,1 и 1 ppm (об) вызывают заметные поражения травянистых культур и деревьев даже после нескольких часов экспозиции. Такие величины уровней SO_2 обычно могут наблюдаться в больших мегаполисах типа Москвы, Бангкока, Токио, Лондона или Нью-Йорка. Сочетание нескольких загрязняющих веществ часто приводит к появлению синергетических эффектов, когда негативное действие одного вещества усиливается действием другого; это часто наблюдается при комбинациях SO_2/NO_2 и SO_2/O_3 . Хотя диоксид азота также фитотоксичен, его токсический эффект не столь велик, как у диоксида серы, так как нитрат-ион, в виде которого в конечном итоге происходит выпадение на поверхность, является питательным веществом. Действительно, в незагрязненной окружающей среде связывание азота при разрядах молнии служит существенным источником доступных растениям нитратов. Однако в комбинации NO_x и SO_2 загрязнение проявляется более остро, чем фитотоксическое воздействие одной двуокиси серы.

Избыточная кислотность также вредна для растений. При pH дождевой воды ниже 3,5 возможен ожог листьев. Подкисление почвы вследствие выпадений кислых дождей, особенно в случае природных кислых почв типа подзолов и дерново-подзолистых, имеющих низкое содержание основных катионов, сопровождается появлением в почвенном растворе свободных ионов Al^{3+} , которые очень вредны для тонких корневых волосков, отмирающих даже при незначительном увеличении содержания алюминия. Кроме того, при снижении величин pH в почве многие тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий, ртуть,

цинк, медь и другие становятся более подвижными, что усиливает их токсическое воздействие на растения.

Увеличение кислотности выпадающих осадков, происходящее зачастую одновременно с увеличением в воздухе концентрации SO_2 , O_3 и NO_2 , служит причиной уменьшения продуктивности и даже гибели лесов. Такие явления отмечены в Центральной Европе (Черный треугольник), Скандинавии, России, Северной Америке. Прежде всего гибнут ценные хвойные леса, так как устойчивость мелколиственных лесов к долговременному подкислению существенно выше. Первым признаком является хлороз, проявляющийся в виде желтого цвета хвои и листьев: хвоя становится желтой, а затем красновато-коричневой. Продолжающееся воздействие приводит к опадению хвои и гибели деревьев.

В наибольшей степени опасны кислые туманы, часто встречающиеся в лесных горных районах. Мелкодисперсные капельки воды долго сохраняются в воздухе и их токсическое воздействие на растения проявляется в более острой форме, чем в случае выпадения кислых дождей.

Воздействие кислых осадков на природные воды во многих странах, особенно в Норвегии, США, Канаде, Финляндии, привлекает наибольшее внимание общества и средств массовой информации. Подкисление природных вод происходит в тех регионах, где подстилающие геологические породы и почвы имеют низкую буферную способность. Например, кислые почвы имеют низкую буферность по отношению к кислым осадкам и быстро подвергаются химическому выветриванию. Другие геологические породы, такие как известняки и меловые отложения, а также карбонатные почвы могут нейтрализовать поступающие кислоты, и поэтому реки и озера в зонах распространения этих пород малочувствительны к кислым дождям или снегу.

Проблема кислых выпадений наиболее актуальна в регионах с распространением гранитов и гранито-гнейсов, особенно в северо-западных областях России, Скандинавии, северо-востоке Канады и США.

Эти проблемы также актуальны в тропических и субтропических регионах, где буферность почв очень низкая, а кислотность дождей постоянно возрастает вследствие увеличивающейся эмиссии окислов серы и азота, например в Юго-Восточной Азии (Таиланд, южная часть Китая, Индии, Индонезия).

Кислые осадки, выпадающие на территории водосборных бассейнов рек и озер, не нейтрализуются в кислых лесных почвах с низким содержанием оснований, поэтому лесные почвы и воды озер становятся все более и более кислыми. Нормальная природная величина pH в этих озерах с низкой буферностью вод находится в интервале 6,5—7,0. В настоящее время многие озера в указанных регионах имеют pH 5,0 и ниже.

Закисление вызывают сильные кислоты, главным образом серная и азотная. На протяжении длительного периода более важную роль играют сульфаты, но во время эпизодических явлений (например, таяние снега) сульфаты и нитраты действуют совместно. На значительных территориях при повышении

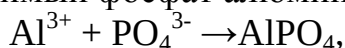
определенных значений кислотности осадков поверхностные воды оказываются кислыми. Если почва теряет способность нейтрализовать кислоты, то значение pH может снизиться на 1,5, а в крайних случаях – даже на 2 или на 3. Частично закисление происходит непосредственно под действием осадков, но в большей мере – за счет веществ, смываемых с территории водного бассейна.

Особенно интенсивно происходило в прошлом закисление озер в Скандинавских странах и в Канаде. Большинство скандинавских озер имеют гранитное или бедное известняками ложе. Такие озера обладают гораздо меньшей способностью к нейтрализации кислот, чем озера, расположенные на территориях, богатых известняком. Это связано с тем, что из известняковых почв выделяется ион гидрокарбоната, который обеспечивает щелочную среду и, следовательно, способность к нейтрализации кислот.

Процесс закисления поверхностных вод состоит из трех фаз:

- убыль ионов гидрокарбоната, т.е. уменьшение способности к нейтрализации при неизменяющемся значении pH;
- уменьшение pH при уменьшении количества ионов гидрокарбоната. Значение pH тогда падает ниже 5,5. Наиболее чувствительные виды живых организмов начинают погибать уже при $\text{pH} = 6,5$;
- при $\text{pH}=4,5$ кислотность раствора стабилизируется. В этих условиях кислотность раствора регулируется реакцией гидролиза соединений алюминия. При таком pH способны жить только немногие виды насекомых, растительный и животный планктон.

Гибель живых существ помимо действия сильноядовитого иона алюминия может быть вызвана и другими причинами. Под воздействием иона водорода, например, выделяются кадмий, цинк, свинец, марганец, а также другие ядовитые тяжелые металлы. Количество растительных питательных веществ, например, фосфора, начинает уменьшаться, так как в растворе ион алюминия образует с ионом ортофосфата нерастворимый фосфат алюминия:



который осаждается в форме донного осадка.

Гибель водных живых сообществ может приводить к закислению и выделению тяжелых металлов, а также к нарушению экологического равновесия. Уменьшение pH воды идет параллельно с сокращением популяций или гибелью рыб, земноводных, фито- и зоопланктона, а также множества прочих живых организмов. Можно заметить характерные различия во флоре и фауне озер, вода которых имеет близкий состав питательных веществ и ионов, но различную кислотность. До определенных пределов млекопитающие, в том числе и человек, защищены от вредного влияния кислотности, однако в организмах водных животных накапливаются ядовитые тяжелые металлы, которые могут попасть в пищевую цепочку. Наибольших масштабов достигло закисление озер и рек в

Швеции, Норвегии, США, Канаде, но этот процесс зафиксирован и в Дании, Бельгии, Голландии, Германии, Великобритании и других европейских странах.

Установлено, что в кислых озерах и реках резко снижается биоразнообразие и продуктивность водной фауны и флоры. Во многих случаях происходит гибель целых видов водных организмов. Ниже представлены граничные величины pH для выживания различных водных организмов.

pH	Гибель водных организмов
6,0	Улитки и ракообразные
5,5	Лососевые, радужная форель и белорыбица
5,0	Окунь и щука
4,5	Угорь и речная форель

При pH воды 4,0 в озерах начинает обильно разрастаться белый мох, предпочитающий кислую среду. Это растение формирует «войлочный мат», который достигает 0,5 м и более толщины на дне озера. Данный слой препятствует обмену питательных веществ между водой и донными отложениями, а также нейтрализации растворенных в воде кислот за счет основных катионов донных отложений. В результате такие озера имеют кристально чистую воду, но очень немногие растения и рыбы могут в ней развиваться.

Уменьшение запасов рыбы можно ожидать в водоемах, pH воды которых опустился до 5,0 и ниже. Уже в 1976 г. около половины озер в Адирондакских горах на востоке США были лишены рыбы, тогда как еще 40 лет назад они были очень продуктивны. Это хорошо коррелируется с величиной щелочности вод, которая уменьшилась в среднем на 50 мкмоль H^+ /л в 80% озер. Более серьезное положение сложилось в большинстве горных озер Норвегии и озерах Швеции.

Ранней весной, когда у большинства рыб происходит нерест, величины pH воды снижаются за счет таяния снега и резкого поступления аккумулятивной воды с повышенной кислотностью. Снижение pH приводит к уменьшению количества нарождающихся мальков и их выживаемости.

Во многих странах осуществляют известкование озер для восстановления их природного статуса. Как правило, известь рассыпают с самолетов, и стоимость такого известкования очень высока. Кроме того, пока сохраняются источники эмиссии подкисляющих соединений, эффективность известкования будет низкой, поскольку через несколько лет кислотность воды в озерах снова возрастет.

Защелачивание водоемов обычно сопровождается растворением соединений тяжелых металлов в подстилающих породах и увеличением их миграции. Как уже отмечалось, увеличение подвижности тяжелых металлов и возрастание их концентрации в питьевой воде может привести к отравлению и смерти людей и животных. Такая вода становится непригодной для питья.

Алюминий является предметом особого внимания из-за его высокой токсичности как для растений, так и для рыб.

Объясняется это тем, что при $pH = 5$ концентрация алюминия будет около 10^{-5} моль/л. Величина pH крови рыб равна 7,4; жабры рыб очень тонкие, что обеспечивает эффективную диффузию кислорода из воды через жаберные мембраны при постепенном изменении градиента величин H^+ внутри мембраны. Известно, что концентрация растворенного алюминия может изменяться на 2-3 порядка при изменении величин pH на 2 единицы. В результате на жабрах рыб формируется желатинобразный осадок $Al(OH)_3$, что приводит к их гибели от удушья.

Непосредственные (прямые) воздействия

Гибель растений. Непосредственная гибель растений в наибольшей степени ощущается вблизи от выбросов загрязнений, в радиусе нескольких десятков километров от их источника. Главной причиной является высокая концентрация диоксида серы. Это соединение адсорбируется на поверхности растения, в основном на его листьях, и оказывает на него вредное влияние. Диоксид серы, проникая в организм растения, принимает участие в различных окислительных процессах. В соответствии с последними исследованиями эти процессы протекают с участием свободных радикалов, образованных из диоксида серы в результате химических реакций. Они окисляют ненасыщенные жирные кислоты мембран, тем самым изменяя их проницаемость, что в дальнейшем отрицательно влияет на многие процессы (дыхание, фотосинтез и др.).

Непосредственные воздействия на растения могут принимать такие формы:

- генетические изменения;
- видовые изменения;
- нанесение прямого вреда растительности.

Естественно, в зависимости от чувствительности вида и размеров нагрузки масштаб воздействия может простирается от возмнимого (обратимого) ущерба до полной гибели растения.

В первую очередь погибают наиболее чувствительные виды, например, отдельные лишайники, которые могут сохраниться только в самой чистой среде, поэтому их считают «индикаторами» чистого воздуха. Обычно в сильнозагрязненных местах образуется «лишайниковая пустыня».

Роль диоксида серы в гибели лесов, таким образом, можно считать доказанной. Также доказано вредное влияние влажных кислотных осадков. В наибольшей степени непосредственная гибель растений наблюдается в районах с сильнозагрязненным воздухом, например, в Средней Европе. Масштабы гибели растений и повышенные концентрации диоксида серы в Европе распространены примерно одинаково. Сухие осадки, содержащие диоксид серы, уже атаковали леса Чехии, Польши, Германии, Словакии. Возможно, что на упомянутых территориях гибель леса связана не столько с диоксидом серы, сколько с оксидами азота, которые образуются из выхлопов автомобилей. Оксиды азота под воздействием солнечных лучей выделяют озон. Озон с оксидами азота, а также частично с углеводородами, поступающими в атмосферу не только с

выхлопными газами, но из других источников, образует весьма агрессивное вещество PAN (пероксиацетилнитрат).

Прямые воздействия на человека

Естественно, атмосферные кислотные микроэлементы не щадят и человека. Однако здесь речь идет уже не только о кислотных дождях, но и о том вреде, который приносят кислотные вещества (диоксид серы, диоксид азота, кислотные аэрозольные частицы) при дыхании.

Установлено, что существует тесная зависимость между уровнем смертности и степенью загрязнения района. При концентрации SO_2 около 1 мг/м^3 , которая бывает зимой в во многих европейских городах, возрастает число смертельных случаев, в первую очередь среди людей старшего поколения и лиц, страдающих заболеваниями дыхательных путей.

Кроме оксидов серы и азота опасны для здоровья человека также аэрозольные частицы кислотного характера, содержащие сульфаты или серную кислоту. Степень их опасности зависит от размеров. Так, пыль и более крупные аэрозольные частицы задерживаются в верхних дыхательных путях, а мелкие (менее 1 мкм) капли серной кислоты или частицы сульфатов могут проникать в самые дальние участки легких.

Кроме первичного прямого воздействия, естественно, на человека косвенно влияет и закисление окружающей среды и первую очередь оказывают ядовитые металлы (алюминий, тяжелые металлы). Эти металлы легко могут попасть в пищевую цепочку, в конце которой стоит человек.

Коррозия металлов, зданий и памятников. Находящиеся в воздухе загрязнения и кислотные дожди разрушают также находящиеся на открытом воздухе предметы из металла. На этот процесс, называемый коррозией, помимо атмосферных кислотных загрязняющих веществ, оказывают влияние температура и влажность. Причиной коррозии является увеличение концентрации иона водорода на поверхности металлов, от которой в достаточно большой степени зависит окисление металлов. В загородных районах скорость коррозии стальных предметов составляет несколько микрометров в год, в загрязненных же городских районах она может быть в несколько раз больше и достигает даже 100 мкм в год. Коррозия металлических предметов обусловлена с одной стороны кислотными дождями, а с другой – высокой концентрацией загрязняющих веществ в атмосфере. Коррозия в первую очередь причиняет ущерб конструкциям мостов, резервуарам, линиям электропередачи, различного расположенному под открытым небом машинному оборудованию, транспорту.

Кислотный дождь может причинять вред не только металлам, но и различным зданиям и памятникам. В первую очередь подвержены опасности памятники, построенные из песчаника и известняка, а также расположенные под открытым небом скульптуры. Содержащийся в песчаниках и известняках карбонат кальция относительно легко растворяется и превращается в сульфат кальция (гипс), который вымывается дождевой водой.

В Италии, Греции и других странах сохранявшиеся на протяжении сотен и тысяч лет памятники старины и различные предметы за последние десятилетия сильно разрушились в результате действия выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ.

Что ожидает нас в будущем?

Дальнейшее закисление окружающей среды зависит от количества техногенных выбросов оксидов серы и азота в атмосферу. Разумеется, предсказать это очень сложно. Однако мы можем сделать заключение на основе анализа интенсивности выбросов в прошлом. Изменение эмиссии диоксида серы за последние 100 лет возросло почти в 10 раз. Ожидается рост закисления окружающей среды, а причиняемый кислотными осадками ущерб станет ощутимее. Это вызывает большое беспокойство, если принять во внимание, что и настоящие уровни выброса приводят к катастрофическим последствиям.

Неблагоприятно положение и с выбросами оксидов азота, поскольку объем техногенных выбросов соединений азота по сравнению с соединениями серы увеличиваются еще более высокими темпами. Что касается оксидов азота, то, как и в Европе и во всем мире, также увеличиваются выбросы NO_x особенно в связи с возрастающим числом автомобилей.

В некоторых странах проблема эмиссии оксидов серы и азота является в какой-то мере политической, так как в результате их распространения загрязняющие вещества попадают за пределы государственной границы, и одно государство может обвинить другое в ущербе, причиненном кислотными осадками, соответственно потребовав его возмещения. Канада, например, действует таким образом по отношению к США, а Швеция – по отношению к промышленно развитым государствам Европы. Экологи Европы и Северной Америки серьезно обеспокоены дальнейшими последствиями выпадения кислотных осадков. Разрабатываются модели на основе различных энергетических стратегий, т.е. в них учитываются различные варианты – уменьшения, увеличения и стабилизации уровня выбросов. Уже начальные результаты говорят о том, что почвы и леса в Европе могут быть спасены от дальнейшего закисления только путем значительного сокращения выбросов.

Ограничение выбросов серы и азота, которое включают в свою программу западноевропейские «зеленые», звучит довольно нереально. Ни одно государство не согласится уменьшить масштабы потребления энергии и тем самым ухудшить уровень жизни.

Далее представляется спорным, что сокращение эмиссии серы в крупных масштабах приведет к полному решению проблемы. Сомнительно, чтобы количество кислотных осадков в Европе уменьшилось в такой же пропорции. Практика показала, что связь между эмиссией соединений серы и их концентрацией в атмосфере и в осадках в масштабах континента не является линейной.

Это подтверждается также тем, что в то время как эмиссия диоксида серы начиная с 50-х годов увеличилась в Европе почти в 3 раза, количество сульфата, измеренного в осадках, увеличилось только в 1,2 раза. Таким образом, сокращение эмиссии серы на 1/3 вряд ли изменит состав влажных осадков. Наоборот, ожидается возможное уменьшение концентрации диоксида серы (а следовательно, их выпадений), но и оно не будет прямо пропорционально сокращению эмиссии. Ввод новых технологий и установка фильтрующего оборудования представляют собой в первую очередь экономическую проблему. Эти защитные мероприятия требуют таких больших капитальных вложений, что при существующих экономических условиях они не могут быть проведены в большинстве европейских стран. Такие возможности существуют лишь в местных условиях.

Как оценить экологический риск для здоровья человека и состояния экосистемы?

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) рекомендовано различать четыре уровня опасности загрязнения воздуха для человека: отсутствие влияния, раздражение, хронические заболевания и острые заболевания.

В Беларуси применяют три вида допустимых уровня загрязнения воздуха: предельно допустимые концентрации для рабочих зон (ПДК_{р.з.}), ПДК максимально-разовые для населенных мест (ПДК_{м.р.}) и ПДК среднесуточные для населенных мест (ПДК_{с.с.}). ПДК_{р.з.} применяют ограниченно только на производствах для разработки средств индивидуальной защиты работающих, вентиляционных систем и газоочистных установок и, как правило, не учитывают при решении экологических вопросов. Нормативным для жилой зоны считается уровень загрязнения, при котором не происходит превышения ПДК_{м.р.} более чем на 20 мин в сутки. В местах организованного отдыха населения, на территории размещения лечебно-профилактических учреждений стационарного типа, в санаторно-курортных зонах должны соблюдаться более жесткие нормативы — 0,8 ПДК. Спектр выбросов чрезвычайно разнообразен. Ежегодно появляются новые ингредиенты выбросов за счет изменения появления новых промышленных технологий. В результате постоянно выявляются выбросы с недостаточно полно изученными особенностями воздействия на организм человека. Для таких веществ на начальном этапе до разработки нормативов ПДК временно устанавливаются ориентировочно допустимые уровни воздействия (ОБУВ). Установление нормативов ПДК (ОБУВ) является прерогативой Министерства здравоохранения Беларуси.

Для оценки влияния загрязнения атмосферы на состояние зеленых насаждений в последние годы разработаны ПДК фототоксичные (ПДК_{фт.}). Они имеют аналогичную структуру нормирования, однако их применение затруднено в связи с многообразием видов растений и их физиологическими различиями (например, травянистые, кустарники, деревья — лиственные или хвойные и т.д.), влияющими на устойчивость того или иного вида по отношению к различным

загрязнителям. ПДК содержания некоторых веществ в атмосферном воздухе населенных мест приведены в табл. 7.1, из которой видно, что растения считаются более устойчивыми, чем люди, к соединениям неметаллов (кроме сернистого ангидрида) и менее устойчивыми к органическим соединениям.

Во многих странах Западной Европы применяют несколько иной принцип нормирования качества воздушной среды: установленные средние и максимальные предельно допустимые концентрации не должны превышать определенное количество раз, часов в сутки, дней в месяц и в год. При этом допустимые концентрации нормируются как в мг/м^3 , так и в количестве частиц (молекул) загрязняющего вещества на миллион или миллиард частиц воздуха: *ppm* или *ppb*.

Кроме того, в развитых странах применяется практика взыскания в судебном порядке компенсаций за ущерб здоровью жителей, наносимый выбросами загрязняющих веществ источниками предприятий, а также страхование этого ущерба. При объективном доказательстве размеров и источников этого ущерба компенсации могут достигать десятков и сотен тысяч евро, что существенным образом сдерживает предприятия от сверхнормативного воздействия на население.

Для характеристики уровня загрязнения атмосферы той или иной территории за продолжительный период времени используют фоновую концентрацию отдельных загрязняющих веществ и обобщенный показатель — индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), рассчитываемый как сумма значений концентраций ведущих загрязнителей (как правило, 5 веществ, ИЗА₅), нормированных (разделенных) на значения их ПДК. По ИЗА₅ уровень загрязнения считается нормальным, если ИЗА₅ < 5, повышенным — от 5 до 6, высоким — от 7 до 13 и чрезвычайно высоким — при значении ИЗА₅ > 13.

Таблица 7.1

ПДК (мг/м^3) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест

Вещество	ПДК для населения		ПДК для зеленых насаждений	
	максимальн о-разовые	средне- суточные	максимальн о-разовые	средне- суточные
Диоксид серы (сернистый ангидрид)	0,5	0,05	0,10	0,05
Азота диоксид	0 085	0 04	0 09	0 05
Аммиак	0 20	0 04	0 35	0 17
Озон	0 16	0 03	0 47	0 24
Углеводороды (по	5,00	1,50	0,65	0,14
Углерода оксид (угарный	5,0	3,0	6,7	3,3
Бензапирен	—	0 000001	0 0002	0 0001
Бензол	0 3	0 1	0 10	0 05
Взвешенные вещества	0 5	1 5	0 20	0 05

Сеноволопол	0.008	—	0.008	0.008
Фонмапълегил	0.035	0.003	0.02	0.003
Хлор	0.10	0.03	0.025	0.015

Критерии оценки риска. При разработке регламентов предельного содержания вредных веществ в атмосфере в ходе экспериментальных исследований установлено, что в качестве пороговых концентраций должны быть приняты те минимальные величины, которые вызывают эффект токсического воздействия с вероятностью не менее чем 16 %. Другими словами, при достижении пороговых концентраций вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, 16 человек из 100 могут быть подвержены острому токсическому воздействию. Этим пороговые концентрации отличаются от предельно допустимых концентраций (ПДК), ниже которых риск заболевания или проявления токсических эффектов, в том числе и долговременных, практически не выражен.

Пороговые концентрации $C_{\text{пор}}$ связаны с максимально недействующими (ПДК) следующим уравнением:

$$ПДК = C_{\text{пор}} / K_{\delta}$$

где K_{δ} — коэффициент безопасности, зависящий от класса опасности вещества и наличия экспериментальных данных о его опасности.

В зависимости от класса опасности определены следующие величины K_{δ} для вредных веществ в атмосфере:

- 1-й класс опасности — более 7,5;
- 2-й — 6,0-7,5;
- 3-й — 4,5-6,0;
- 4-й — 3,0-4,5.

В качестве реальной концентрации при расчетах экологического риска, как правило, выбирают среднюю концентрацию вещества, поступающего в организм человека в течение его жизни. Для предупреждения острых (немедленных) токсических эффектов необходимо применять максимальные разовые предельно допустимые концентрации (ПДК_{м.р.}).

Расчет риска токсических эффектов в результате хронического (долговременного) воздействия загрязняющих веществ в атмосфере основывается на следующем принципе: если максимальная недействующая концентрация (т. е. ПДК) гарантирует с вероятностью менее 5 % отсутствие токсического эффекта на протяжении жизни человека, то минимально действующая (т. е. пороговая) концентрация гарантирует с вероятностью 95 % его появление.

Учет вероятных симптомов проявления токсического воздействия на отдельные органы или весь организм человека в целом обычно производят на основании имеющихся литературных данных, а при их недостаточности или отсутствии необходимо проводить экспериментальные исследования. Следует

учитывать, что хроническое воздействие малых доз загрязняющих веществ сопровождается в основном усилением неспецифических эффектов и увеличением уровня общей заболеваемости.

ГЛАВА 8 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Из которой мы узнаем о глобальной сырьевой проблеме, можно ли добывать полезные ископаемые без отходов, а также какими полезными ископаемыми богата Беларусь, сколько и каких руд мы используем, а также что будем добывать в 2020 году и как это повлияет на экологию нашей жизни

Современное хозяйство использует около 200 видов полезных ископаемых. Широко используется классификация полезных ископаемых, построенная по признаку их использования. В соответствии с ней выделяют: топливно-энергетическое сырье в составе нефти, угля, газа, урана; черные, легирующие и тугоплавкие металлы (руды железа, марганца, хрома, никеля, кобальта, вольфрама и др.), цветные металлы (руды алюминия, меди, свинца, цинка, ртути и др.), благородные металлы (золото, платина, серебро), химическое и агрономическое сырье (калийные соли, фосфориты, апатиты и др.), техническое сырье (алмазы, асбест, графит и др.), строительные материалы.

Потребности производства в полезных ископаемых и их добыча имеют тенденцию к постоянному возрастанию. Особенно интенсивный рост добычи наблюдался во второй половине XX в. При этом, запасы минерального сырья и топлива в недрах Земли, не безграничны. Стратегия постоянного наращивания темпов добычи полезных ископаемых привела не только к резкому сокращению запасов сырья, но и к ухудшению их качественной структуры. В результате началось истощение многих бассейнов и месторождений, ускорилось обеднение многих используемых руд.

Глобальная сырьевая проблема впервые проявилась в период мирового сырьевого кризиса 1970-х гг. Сущность глобальной проблемы ресурсообеспечения заключается в возрастающем дисбалансе между уровнем потребностей мирового хозяйства в сырье и возможностями его ресурсообеспечения. Главная причина возникновения глобальной сырьевой проблемы – это неуклонный рост объемов минерального сырья, добываемого из недр Земли, обусловленный действием двух факторов: «демографическим взрывом», обеспечившим резкий рост численности населения и связанное с ним повышение уровня развития промышленного производства.

Одновременно с увеличением добычи полезных ископаемых проявилась тенденция ухудшения горно-геологических условий залегания и извлечения полезных ископаемых. В целях повышения эффективности добычи и повышения

качества используемых минеральных ресурсов, в последнее время их добыча ведется в богатых месторождениях новых сырьевых районов. Последние сосредоточены преимущественно в развивающихся странах Азии, Африки и Латинской Америки. В то же время основные промышленные центры локализованы в странах Западной Европы, США и Японии. Таким образом, усиливается территориальный разрыв между центрами добычи и потребления, что ведет к неизбежному росту затрат на перевозку и увеличению стоимости конечной продукции.

Кроме того, качество вновь осваиваемых месторождений полезных ископаемых имеет тенденцию к устойчивому ухудшению: увеличивается зольность углей, снижается уровень концентрации металлов в рудной массе, увеличивается доля труднообогатимых и перерабатываемых минеральных удобрений.

Важнейшим последствием перечисленных выше единовременно действующих процессов стало снижение общего уровня ресурсообеспеченности мирового хозяйства на глобальном уровне. С учетом дифференцированного подхода составлены прогнозы ресурсообеспеченности по отдельным видам сырья для мира в целом. Согласно расчетам, уровень мировой ресурсообеспеченности углем – 600 лет, железной рудой – 150 лет, нефти фосфатами, бокситами, марганцем, калийными солями, хромом, ниобием, литием, кобальтом составляет 100 лет при современном уровне их добычи. Сырьевая обеспеченность молибденом и алюминием ограничивается 70 годами, никелем – 60 годами, ураном – 50 лет, свинцом – 40 годами, медью и цинком – 30 годами, вольфрамом и оловом – 20 годами (точкой отсчета является 2000).

Воздействие горного производства на окружающую среду

Для всех способов разработки месторождений характерно воздействие на биосферу, затрагивающее практически все ее элементы: водный и воздушный бассейны, землю, недра, растительный и животный мир.

Это воздействие может быть как непосредственным (прямым), так и косвенным, являющимся следствием первого. Размеры зоны распространения косвенного воздействия значительно превышают размеры зоны локализации прямого воздействия и, как правило, воздействию подвергаются все компоненты окружающей среды.

В процессе горного производства образуются и быстро увеличиваются пространства, нарушенные горными выработками, отвалами пород и отходов переработки и представляющие собой бесплодные поверхности, отрицательное влияние которых распространяется на окружающие территории.

В связи с осушением месторождения и сбросом дренажных и сточных вод (отходов переработки полезных ископаемых) в поверхностные водоемы и водотоки резко изменяются гидрологические условия в районе месторождения, качество подземных и поверхностных вод. Атмосфера загрязняется пылегазовыми организованными и неорганизованными выбросами и выделениями различных источников, в том числе горных выработок, отвалов, перерабатывающих цехов и

фабрик. В результате комплексного воздействия на указанные элементы биосферы существенно ухудшаются условия произрастания растений, обитания животных, жизни человека. Недра, являясь объектом и операционным базисом горного производства, подвергаются наибольшему воздействию. Так как недра относятся к элементам биосферы, не обладающим способностью к естественному возобновлению в обозримом будущем, охрана их должна предусматривать обеспечение научно обоснованной и экономически оправданной полноты и комплексности использования.

Воздействие горного производства на биосферу проявляется в различных отраслях народного хозяйства и имеет большое социальное и экономическое значение. Так, косвенное воздействие на земли, связанное с изменением состояния и режима грунтовых вод, осаждением пыли и химических соединений из выбросов в атмосферу, а также продуктов ветровой и водной эрозии, приводит к ухудшению качества земель в зоне влияния горного производства. Это проявляется в угнетении и уничтожении естественной растительности, миграции и сокращении численности диких животных, снижении продуктивности сельского и лесного хозяйства, животноводства и рыбного хозяйства.

В настоящее время не представляется возможным дать сравнительную количественную оценку влияния на окружающую среду горного производства и других видов деятельности человека, поскольку отсутствуют научно-методические основы для такого сравнения. Применение же различных частных критериев не позволяет получить однозначный ответ на этот вопрос. Так, если сравнивать абсолютные затраты на строительство очистных сооружений в цветной и черной металлургии, теплоэнергетической и горно-добывающей промышленности США, то наибольшие затраты приходятся на теплоэнергетику. По относительной доле этих затрат в общих капиталовложениях на первое место выходит цветная металлургия. По общим затратам на борьбу с загрязнением окружающей среды в США, например, лидирует целлюлозно-бумажная промышленность, далее идет энергетика, цветная и черная металлургия. Однако эти критерии не учитывают всех аспектов прямого и косвенного воздействия горного производства на окружающую среду и поэтому не могут считаться достаточно объективными.

Горное производство оказывает наиболее широкое воздействие на биосферу, затрагивающее практически все ее элементы. В то же время воздействие некоторых видов деятельности на отдельные элементы биосферы проявляется более интенсивно.

На современном этапе развития отечественной и зарубежной науки и техники месторождения твердых полезных ископаемых разрабатываются в основном тремя способами: открытым (физико-техническая открытая геотехнология), подземным (физико-техническая подземная геотехнология) и через скважины (физико-химическая геотехнология). В будущем значительные

перспективы имеет подводная добыча полезных ископаемых со дна морей и океанов.

Наиболее сильное воздействие на ОС оказывают открытые горные работы, наименьшее – геотехнологический способ добычи.

Безотходное горное производство

Горное производство образует твердые, жидкие и газообразные отходы

Большое количество отходов является наиболее объективным показателем несовершенства проектируемой или применяемой технологической схемы, поэтому необходимо обеспечить создание и широкое применение технических средств и технологии для комплексного и более полного извлечения полезных компонентов из руд, а также использование малооперационных, малоотходных и безотходных технологических процессов (табл. 8.1.).

Таблица 8.1.

Использование полезных ископаемых при производстве 1 т чугуна и меди

Показатели	Значения показателей при производстве	
	чугуна	меди
Добыча горной массы из недр, т	20-30	200-300
Размещение добытой горной массы в отвалах на земной поверхности, т	15-25	180-200
Размещение добытой и измельченной горной массы в хвостохранилищах на земной поверхности, т	2-4	60-90
Специально занятая площадь на земной поверхности, м:	0,03-0,05	0,2-0,4
	0,1-0,2	1,2-1,8
	2-5	6-9
Условный коэффициент использования недр, %	3-5	0,3-0,5

Горная промышленность США ежегодно перемещает около 2,1 млрд. т пустой породы. В мире при добыче подземным способом каждые 1000 т угля на поверхность выбрасывается 1-12 кг угольной и породной пыли, 50-570 тыс. м³ метана, 7,5-15 тыс. м³ углекислого газа, около 5,5 тыс. м³ оксидов, образующихся при взрывных работах, 55-135 тыс. кДж теплоты, 1,5-9 тыс. м³ шахтных вод и 210-300 т породы. Таким образом, создание технологических процессов, в которых не образуются отходы, и на этой основе полностью экологизированных предприятий и территориально-производственных комплексов – одна из важнейших проблем горнодобывающей промышленности.

Понятие «безотходная технология» впервые предложено академиками Н.Н. Семеновым и И.В. Петряковым-Соколовым в 70-х годах XX в. До настоящего

времени содержание этого понятия окончательно не определено. В решении Европейской Экономической Комиссии (ЕЭК) ООН и Декларации о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов, принятом в 1979 г. в Женеве, указывается, что безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду.

Рассматривая содержание понятия «безотходное производство», необходимо учитывать, что безотходное производство невозможно, т.к. оно равнозначно созданию «вечного» двигателя. Поэтому предлагается ввести понятие «безотходное производство», понимая под ним совокупность технологических процессов по извлечению полезных компонентов из природных ресурсов для удовлетворения материальных и духовных потребностей человеческого общества, в которых обеспечивается полное использование вещества (твердого, жидкого и газообразного) и энергии либо в рамках производственной деятельности человека, либо путем их включения в природный геобиохимический процесс.

Это позволяет определить содержание понятия «безотходное горное производство» как комплекс мероприятий научно-технического и организационно-экономического характера, проводимых на всех стадиях добычи и переработки полезных ископаемых и обеспечивающих полное использование минеральных ресурсов и энергии либо непосредственно в самом горном производстве, либо путем их включения в природные геобиохимические процессы.

Успешное решение этой проблемы позволит: получить дополнительные (и весьма значительные) объемы сырья; снизить и перенести на более отдаленные периоды расходы на освоение новых сырьевых районов; стабилизировать цены на минеральное сырье; существенно уменьшить масштабы воздействия горного производства на окружающую среду и тем самым создать условия для эффективного преодоления негативных тенденций развития минерально-сырьевой базы и горно-добывающей промышленности.

Загрязнение окружающей среды отходами происходит из-за их неполного обезвреживания вследствие несовершенства технологического процесса или присутствия значительного количества примесей в исходном сырье. Загрязнитель после выброса в любую часть биосферы будет растворяться в ней и одновременно проникать в другие части биосферы, взаимодействовать с ними.

Основные типы и имеющиеся запасы полезных ископаемых в Беларуси

После экономического спада (1991-1995 гг.) начался рост потребления минерально-сырьевых ресурсов, который, очевидно будет происходить и в дальнейшем, в том числе и за счет роста добычи собственных ресурсов. Разведанные в Беларуси запасы полезных ископаемых позволяют полностью обеспечить текущие и перспективные потребности республики практически во

всех видах строительных материалов, тугоплавких и керамических глинах, формовочных песках и глинах, пресных и минеральных подземных водах. Калийные и каменные соли разведаны в таком количестве, что могут обеспечить потребности республики (в том числе и экспорт) на многие десятилетия. В то же время, республика остро нуждается в энергетических ресурсах, черных и цветных металлах, фосфорных удобрениях, разведанные запасы которых ограничены или вовсе отсутствуют.

Степень геологической изученности и промышленной освоенности месторождений отдельных видов полезных ископаемых различная. По этим признакам все месторождения и проявления полезных ископаемых Беларуси можно разделить на следующие группы: разведанные, находящиеся в разработке или подготовленные для промышленного освоения; находящиеся в разведке.

Месторождения полезных ископаемых разведанные, находящиеся в разработке или подготовленные для промышленного освоения

Энергетическое сырье. Нефть. Промышленная нефть в Беларуси найдена в Припятском прогибе, на юге страны. Извлекаемые ресурсы нефти республики составляют 355 млн. т. К настоящему времени открыто 64 месторождения нефти и два нефтегазоконденсата с разведанными запасами примерно 170,0 млн. т. Добыча нефти с начала разработки (1964 г.) составила около 110 млн. т и растворенного газа около 13 млрд. м³.

Мировая практика показывает, что в нефтегазоносных бассейнах, характеризующихся очень высокой степенью разведанности недр (более 70 %) продолжается открытие все новых залежей. Учитывая развитость инфраструктуры в них, проведение поисково-разведочных работ оказывается рентабельным. Принимая во внимание, что разведано 48 % извлекаемых ресурсов углеводородов, продолжение поисково-разведочных работ в Припятском прогибе, будет рентабельным еще в течение многих лет.

Торф. Торфяные месторождения имеют широкое распространение на территории Беларуси. Общая площадь болот и торфяных месторождений до начала осушения и добычи торфа составляла 14,2% площади страны. Первоначальные геологические запасы оценивались в 5,7 млрд. т торфа на более чем 9000 торфяных месторождениях.

К настоящему времени в результате интенсивной добычи торфа, особенно в период 1961-1987 гг. (20-35 млн. т/год) и минерализации органического вещества мелиорированных торфяных почв, оставшиеся запасы торфа составляют 4,3 млрд. т.

Бурые угли. На территории Беларуси промышленно значимая угленосность установлена в палеоген-неогеновых отложениях.

К настоящему времени в Припятском прогибе подготовлены для разработки два месторождения бурых углей: в Житковичском и Петриковском районах. Кроме этих месторождений в палеоген-неогеновых отложениях выявлено еще одно, с запасами угля в количестве более 10 млн.т.

По своим качественным характеристикам угли этих месторождений пригодны для использования в качестве энергетического и коммунально-бытового топлива. Теплота сгорания углей изменяется в основном от 16,6 до 26,1 МДж/кг, средняя зольность от 16,7 до 27 %.

Горючие сланцы. Горючие сланцы распространены в отложениях девона Припятского прогиба, образуют крупный сланцевый бассейн с прогнозными ресурсами почти 9 млрд. т. Глубина залегания горючих сланцев колеблется от 66 до 600 м и глубже. Мощность пластов до 3,7 м.

Основное количество горючих сланцев сосредоточено на 2 месторождениях – в Столинском, Житковичском и Любанском районах. Суммарные запасы по обоим месторождениям составляют 3,5 млрд. т.

На Туровском месторождении выполнена предварительная разведка. По полученным данным запасы горючих сланцев составляют 700 млн. т. Из них после термической переработки может быть получено 35,7 млн. т первичной смолы, пригодной для использования в качестве энергетического топлива. Однако, стоимость полученных продуктов пока не компенсирует затрат на добычу и переработку сланцев с учетом вопросов охраны окружающей среды.

Агрохимическое сырье. *Калийные соли.* Предметом экспорта и важнейшим источником пополнения валюты Беларуси являются калийные удобрения, производимые на базе запасов калийных солей. Их залежи сосредоточены в Припятском прогибе и приурочены к девонским отложениям.

Разведаны 2 месторождения – Старобинское и Петриковское с промышленными запасами около 7 млрд. т сырых солей, что составляет почти 10 % мировых запасов калийных солей. По количеству промышленных запасов калийных солей Беларусь занимает третье место в мире после Канады и России.

Старобинское месторождение, расположенное на западе Припятского прогиба, с запасами 5,5 млрд. т солей разрабатывается с 1959 г. За это время добыто более 1 млрд. т солей. На базе месторождения работают 4 рудника объединения «Беларуськалий». Ими за год добывается 24 млн. т солей или 5 млн. т калийных удобрений. Из них 10 % отгружается предприятиям Беларуси и 90 % - странам ближнего и дальнего зарубежья.

Петриковское месторождение с промышленными запасами 1 млрд. т солей также расположено в Припятском прогибе.

Поваренная соль. Беларусь располагает практически неограниченными ресурсами каменной соли, чтобы удовлетворить перспективные потребности в пищевой и технической соли, а также организовать в крупных объемах поставки продукции на экспорт. Соленосные отложения Припятского солеродного бассейна образуют две толщи: верхнюю, мощностью до 1,1 км и нижнюю – до 2,5 км и более на площади около 25 тыс. км². Разведанные запасы по трем месторождениям (Старобинское, Давыдовское и Мозырское) достигают почти 22 млрд. т. Разрабатывается Мозырское месторождение, на котором добыча соли «Экстра» составляет около 350 тыс. т в год. Начата добыча каменной соли

шахтным способом на Старобинском месторождении. Объем добычи находится на уровне 800-1075 тыс. т в год.

Сапропель. Сапропели – органические образования пресноводных водоемов влажного климата. Физические и химические свойства сапропелей, позволяют отнести их к полезному ископаемому с широким диапазоном использования. Сапропели могут использоваться в земледелии, строительстве, медицине и изготовлении косметики, приготовления буровых и тампонажных растворов.

В Беларуси сапропели связаны с донными образованиями 677 озер и с подстилающими отложениями 1256 торфяных месторождений. Общие прогнозные ресурсы их, сосредоточенные в озерах и торфяных массивах, оцениваются более чем 1,6 млрд. т.

Промышленная добыча сапропелей в Беларуси начата в 1976 г. Их годовая добыча в 1990 г. была доведена до 1517 тыс. т, однако затем из-за экономических сложностей начала снижаться и уже в 2000 г. составила 432 тыс. т.

Доломиты. Залежи доломитов имеют широкое развитие среди отложений северо-востока Беларуси в Оршанской впадине. Здесь разведано крупное месторождение Руба (Витебская область) с промышленными запасами свыше 740 млн. т. Полезное ископаемое залегает на глубинах 8-45 м. Доломитовая толща обладает высокой водообильностью.

Месторождение разрабатывает САО «Доломит» Витебской области. Доломиты используются для производства доломитовой муки (удобрение), дробленного доломита, минеральных порошков для кровельного рубероида и асфальтобетонных покрытий, магий содержащих шихт, флюсов.

Максимальная добыча доломита приходится на 1990 г. (8 млн. т). В последующие годы она сократилась более чем на 50% из-за неплатежеспособности потребителей.

Формовочные материалы. В Беларуси разведано два месторождения формовочных *песков* с общими запасами 37,6 млн.т. Годовая потребность металлургической промышленности в формовочных песках около 1 млн. т, однако местного сырья добывается только около 700 тыс. т, а остальное привозится из Украины, так как из разрабатываемых в Беларуси месторождений добываются не все необходимые марки формовочных песков. В Беларуси известно еще около 30 месторождений формовочных песков, с общими запасами около 200 млн. т.

В республике открыто одно месторождение *бентонитовых глин* - Острожанское, расположенное в Лельчицком районе. Промышленные запасы глин составляют 12,3 млн. т. Глины месторождения пригодны для использования в формовочных смесях, буровых растворах. Освоение месторождения позволило бы исключить на 50-60 лет импортную зависимость отечественной промышленности, работающую полностью на привозном сырье.

Строительные материалы. В общую группу строительных материалов входят глины и суглинки, карбонатные породы, пески, песчано-гравийные

материалы, строительный и облицовочный камень. Потребности Беларуси в производстве строительных материалов, в том числе цемента, могут быть полностью удовлетворены за счет разработки разведанных месторождений.

Цементное сырье. Сырьевая база цементной промышленности включает 18 месторождений мергельно-меловых пород и глин с общими промышленными запасами 851,0 млн. т. Среди них одно из крупнейших в Европе Коммунарское месторождение мергелей в Костюковичском районе, 6 месторождений мела и 11 месторождений глин. Разрабатывается 7 месторождений цементного сырья, на их базе действуют 3 завода. Годовая добыча сырья более 4 млн. т.

Мел. Для производства строительной и технологической извести разведано 32 месторождения мела с общими запасами 206,6 млн. т. Годовая добыча мела около 400-700 тыс. т. Часть мела используется для изготовления красок, в качестве кормовых добавок и известкового удобрения.

Строительный и облицовочный камень. Месторождения строительного и облицовочного камня связаны с породами кристаллического фундамента Микашевичско-Житковичского выступа и северных отрогов Украинского щита. Строительные камни представлены 3 месторождениями: Микашевичское, Ситницкое в Брестской области и Глушковичское в Гомельской области. Их общие запасы составляют 573 млн. м³. Годовая добыча строительного камня около 4 млн. м³, из которого производится более 5 млн. м³ высокопробного щебня.

Сырьевая база облицовочных материалов из естественных камней представлена месторождением мигматитов (Карьер Надежды Лельчицкого района Гомельской области). Запасы камня на месторождении составляют 3,3 млн. м³. Облицовочные плиты, полученные из мигматитов, обладают хорошими декоративными свойствами и применяются для настила полов и ступенек в метро, облицовки колонн зданий и других целей.

Пески стекольные. Разведаны 2 месторождения стекольных песков – Ленино в Гомельской области и Городное в Брестской с общими запасами 15,2 млн. т. Разрабатывается месторождение Ленино, годовая добыча на котором составляет около 320 тыс. т. Ведутся подготовительные работы для освоения месторождения Городное. Стекольные пески белорусских месторождений пригодны только для производства оконного и тарного стекла. Для получения более качественного стекла и хрусталя требуется наладить обогащение песков. Однако, такое обогащение пока отсутствует и республика вынуждена часть стекольного сырья ввозить из Украины и России.

Пески строительные. Сырьевая база строительных и силикатных песков включает 105 месторождений с общими запасами 476 млн. м³. Разрабатывается 47 месторождений. Проектная добыча на этих месторождениях возможна около 9,5 млн. м³/год, добывается не более 2,5 млн. т. Пески используются для изготовления бетона, силикатных изделий, дорожного строительства, приготовления строительных растворов.

Песчано-гравийный материал. В республике имеется 153 месторождения песчано-гравийного материала. Общие их запасы составляют 682 млн. м³. Разрабатывается 95 месторождений, годовая добыча на которых составляет около 5 млн. м³. Фракционированный гравий используется в качестве заполнителя в бетонах и асфальтобетонах. Обогащенная песчано-гравийная смесь или гравий используется в качестве балластных дорожных отсыпок, балластирования железнодорожных путей, фильтрационных экранов и др.

Глинистое сырье. Сырьевая база для производства грубой керамики и легких заполнителей представлена месторождениями глинистых пород. 221 месторождение с общими запасами 245 млн. м³, 8 месторождений глинистого сырья для производства легких заполнителей (аглопорит, керамзит) с общими запасами 52 млн. м³ и 6 месторождений тугоплавких глин с общими запасами 52,9 млн. т. Разрабатывается 46 месторождений.

Подземные воды. *Пресные воды.* Ресурсы пресных подземных вод оцениваются на территории республики в 49,6 млн. м³. Разведано 251 месторождение с общими запасами более 6 млн. м³/сутки. Разрабатывается 147 месторождений, отбор из которых составляет порядка 2 млн. м³/сутки (см. детально в шестой лекции).

Минеральные воды. Минеральные воды широко распространены на территории республики. Они приурочены к отложениям осадочного чехла и кристаллического фундамента. Разведано более 100 источников минеральных вод с общими запасами около 30 тыс. м³/сутки. По химическому составу широко распространены сульфатные, сульфатно-хлоридные, а также хлоридные воды. На базе разведанных источников функционируют санатории, профилактории и другие объекты оздоровления.

Месторождения минеральных вод представляют хорошую базу для развития в Беларуси санаторно-курортных комплексов широкого профиля, а также организации сети предприятий по разливу, продаже и экспорту минеральных лечебно-питьевых вод.

Промышленные воды. Высокоминерализованные воды (рассолы) выявлены в Припятском прогибе. Они залегают на глубинах 2000-4000 м. Рассолы содержат высокие концентрации промышленно ценных элементов: брома, йода, стронция, бора, лития и в меньших количествах цезия, серебра и др. К промышленному освоению подготовлено Борисовское месторождение. На нем разведаны запасы высокоминерализованных рассолов в количестве 96 м³/сут.

Месторождения полезных ископаемых, находящихся в разведке

Эта группа включает месторождения, степень изученности которых еще не позволяет их освоение и требуется проведение дальнейших геологоразведочных работ. Это месторождения железных руд, редких металлов, цеолитсодержащих силицитов (трепелов), гипса, горючих сланцев, фосфоритов и каолинов.

Железные руды. Месторождения железных руд выявлены в пределах Белорусского кристаллического массива.

Более изученным и значительным по запасам является Околовское месторождение железистых кварцитов (Столбцовский район Минской области). Запасы месторождения составляют около 300 млн. т железа. Несмотря на низкое содержание железа в рудах (24,3 %), они хорошо обогащаются с получением магнетитового концентрата с содержанием железа 70,2%, пригодного для получения металлизированных окатышей, которые можно использовать для работы Белорусского металлургического завода. Расчеты показывают, что на базе Околовского месторождения возможно строительство рудника с годовой производительностью 9,4 млн. т руды.

Цеолитсодержащие силициты. К ним относятся трепелы, опоки и кремнезёмистые мергели. Свойства данного полезного ископаемого определяются повышенным содержанием (до 50% и более) минералов кремния и примесью (до 10-15, иногда 25-30%) цеолитов.

Залежи цеолитсодержащих трепелов, доступных для открытой разработки, широко распространены на востоке Беларуси, где разведано месторождение Стальное с запасами 61,3 млн. т, пригодных в качестве активных добавок для производства цемента высоких марок. Запасы месторождения позволят обеспечить активными минеральными добавками все цементные заводы Беларуси на срок свыше 60 лет.

Гипс. Промышленные залежи гипса выявлены в отложениях девона в районе деревни Бринев Петриковского района. Гипсы месторождения сосредоточены в пределах гипсоносной толщи фамейского яруса верхнего девона.

По данным технологических испытаний гипсовый камень месторождения пригоден для добавок в цемент и производства медицинского гипса, а после обжига - для производства вяжущих. Запасы Бриневского месторождения превышают 690 млн. т со средним содержанием гипса 85 %. На месторождении имеется реальная возможность подготовить сырьевую базу мощностью 1 млн. т гипса в год.

Фосфориты. В пределах Беларуси выделено два фосфоритоносных бассейна - Сожский (меловой) на востоке и Припятский (палеогеновый) - на юге. Сожский бассейн включает два предварительно разведанных месторождения с общими запасами 61,6 млн. т руды.

В пределах Припятского фосфоритоносного бассейна выявлены Ореховское (запасы - 13,6 млн. т фосфорного ангидрида) и Приграничное (запасы - 1,24 млн. т фосфорного ангидрида) месторождения фосфоритов.

Каолины. Залежи каолинов установлены на юге Беларуси в пределах Микашевичско-Житковичского горста, где выявлено 4 месторождения с общими запасами 26,9 млн. т.

Белорусские каолины содержат повышенное количество красящих окислов и поэтому они пригодны только для производства фарфоровых и фаянсовых изделий, не требующих высокой белизны, а также шамотных изделий общего назначения.

Диабазы. Беларусь обладает реальными возможностями использовать магматические породы фундамента в качестве сырья для производства минеральных волокон. В пределах Микашевичско-Житковичского выступа фундамента на протяжении 15 км прослежена дайка диабазов мощностью 290 м, к которой приурочено редкометальное месторождение – Диабазовое.

Испытания проб установили, что диабазы пригодны для получения тонких и утолщенных штапельных волокон. Полученные волокна обладают высокой водо-, кислото-, щелоче-устойчивостью.

***Месторождения и проявления полезных ископаемых,
перспективные для дальнейшего изучения***

Эта группа включает недостаточно изученные месторождения полезных ископаемых, а также перспективные площади, по которым существуют научно обоснованные предпосылки возможности выявления среди них новых видов минерального сырья.

Алмазы. Существующая в настоящее время мировая и, прежде всего, российская система критериев регионального поиска алмазных месторождений позволяет рассматривать около 40% территории Беларуси в качестве перспективной на месторождения коренных алмазов, а также на россыпи в формациях осадочного чехла. Эти перспективы увеличиваются в связи с выявлением на юге Беларуси трубок взрыва, выполненных породами, содержащими в ряде случаев мелкие кристаллы алмазов. Наличие трубок взрыва прогнозируется и в других поисковых районах: Мядельском, Полоцком, Бобовнянском, Полесском, Южно-Припятском и Брестском. Присутствие в осадочном чехле многочисленных находок минералов-индикаторов, наряду с другими признаками, свидетельствует о весьма вероятной возможности открытия на территории Беларуси новой алмазоносной провинции с промышленными месторождениями алмазов. Работы по поискам алмазов продолжаются.

Золото. Исходя из геологических предпосылок и анализа материалов регионального геологического изучения, на территории Беларуси возможно открытие месторождений коренного золота, связанных с породами фундамента, и россыпного золота, приуроченных к осадочному чехлу. Работами объединения «Белгеология» в кристаллическом фундаменте выделены зоны, где возможно формирование коренных месторождений золота. Найдено более 10 рудопроявлений с содержанием золота до 2 г/т, а в современных аллювиальных и палеоген-неогеновых отложениях, перекрывающих фундамент – следы золота. Однако промышленные концентрации этого металла пока не установлены.

Янтарь. Янтарь - аморфная смесь высокомолекулярных органических соединений, представляющая собой ископаемую смолу некоторых растений от мелового до четвертичного возраста. Используется янтарь в качестве ювелирного и поделочного камня.

Перспективным на янтарь является район между Пинском, Иваново и Березой в Брестской области, где обнаружены кусочки янтаря в породах глауконит-

кварцевой формации палеогена, в песках неогена и в четвертичных отложениях. Установлено содержание янтаря до 110-139 г/м³. Максимальные размеры зерен не превышают 3-5 см. Учитывая сложные горногеологические условия, глубины залегания и мощности янтареносных отложений, такие содержания не могут рассматриваться в качестве промышленных.

Алюминиевое и содовое сырье. На территории Припятского прогиба обнаружены залежи алюминиево-содовых руд. Открыто одно месторождение – Заозерное, расположенное в Ельском районе. Ресурсы руд этого месторождения оцениваются в 181 млн. т. Комплексный минерал месторождений, содержащий глинозем и соду, и его скопления рассматриваются в качестве возможного сырья для получения алюминия и кальцинированной соды.

Цветные и редкие металлы. На территории Белорусского кристаллического массива установлены проявления полиметаллических руд колчеданного типа, а также отдельные находки минералов с редкими и редкоземельными элементами (вольфрам, тантал, бериллий). На проявлении Раевщина установлены повышенные содержания цинка, золота, серебра; на проявлении Мир – меди и цинка, свинца, золота, вольфрама; на проявлении Унгово – меди, свинца, цинка, серебра, золота и вольфрама.

Титано-циркониевые россыпи. Продуктивной на россыпи титана и циркония является глауконито-кварцевая формация палеогена и неогеновые отложения в пределах Брестской впадины, а также площадей, прилегающих к Микашевичско-Житковичскому выступу фундамента и северному склону Украинского щита.

Волластонит. Волластонит – метасиликат кальция концентрируется в горных породах, богатых кальцием и кремнием.

Используется, главным образом, в керамическом производстве для изготовления высокочастотной радиокерамики, для производства изоляторов с низкими диэлектрическими потерями, санитов, специальных фильтров, специального цемента для керамики, а также в качестве добавок к глазури, краскам, лакам, резине, стеклу и др.

В Беларуси рудопроявление волластонита обнаружено на Рудмянском месторождении мраморов и кальцифиров в породах кристаллического фундамента центральной части Белорусского массива.

Графит. Графит – полиморфная модификация углерода. Он широко применяется в металлургии, химическом машиностроении, производстве коллекторов для динамомашин, электродов, смазочных материалов, ядерной технике, производстве карандашей, красок и др.

В Беларуси в породах кристаллического фундамента выявлено месторождение графита Пуховщина, расположенное в Узденском районе Минской области. Прогнозные ресурсы месторождения оцениваются в 76,8 млн. т.

Глауконит. Глауконит – ценное сырье для получения зеленых минеральных красок и керамических красителей. Он может применяться для уменьшения

слеживаемости минеральных удобрений, сорбции радиоизотопов, смягчения жесткости воды.

Пирофиллит. В Лельчицком районе в отложениях нижнего карбона выявлены пирофиллит-каолиновые породы. Ресурсы пирофиллита оцениваются в 4500 тыс. т. Это сырье пригодно для изготовления высокоогнеупорных, химически инертных керамических изделий.

Кремень. Кремни представляют собой конкреционные и желваковидные разности силицитов. На территории Беларуси кремни широко распространены в мергельно-меловых отложениях, где образуют конкреции и стяжения размером от первых сантиметров до полуметра. Практически кремни присутствуют во всех разрабатываемых меловых карьерах как в самом мелу, так и в основании вскрышных пород.

Использование кремня имеет глубокие исторические корни. Первобытный человек использовал их для изготовления разного рода орудий. Позже кремни использовались в огнестрельном оружии, при изготовлении абразивов, эмалей и глазури.

Таким образом, Республика Беларусь располагает значительными перспективами как для воспроизводства запасов разрабатываемых видов полезных ископаемых, так и для подготовки промышленных запасов новых видов минерального сырья.

Современное использование полезных ископаемых и связанные с ним экологические проблемы.

За счет разработки собственных месторождений полезных ископаемых Беларусь в последние годы обеспечивает годовое производство 1,84 млн. т нефти, 2275 тыс. т торфа, 3,5-4,5 млн. т окиси калия, 1,0-1,5 млн. т пищевой, кормовой и технической поваренной соли, 3-4 млн. т доломитов, около 4 млн. т цементного сырья (мела, глины и мергеля), 3,5-4 млн. м³ строительного и облицовочного камня, 7,5-8,0 млн. м³ строительных песков и песчано-гравийных материалов, 0,20-0,25 и 0,6-0,7 млн. т стекольных и формовочных песков, 0,5-0,6 млн. т мела для производства извести, около 3 млн. м³ глины легкоплавких для производства кирпича и 0,05 млн. м³ глины тугоплавких. Вместе с тем, в связи с отсутствием или ограниченностью собственных ресурсов многих полезных ископаемых по геологическим причинам, неосвоенностью и недостаточной изученностью других месторождений ежегодный импорт сырья в республику составляет: нефть - 12 млн. т; природный газ - 18-20 млрд. м³; уголь - 1,2 млн. т; пески стекольные - 16-20 тыс. т; бентонитовые глины - 15,5 тыс. т; трепел для цементного производства - 16 тыс. т; гипс - 35 тыс. т; каолин - 31 тыс. т; щебень - 115 тыс. т; кальцинированная сода - 13,7 тыс. т. Кроме того, Беларусь импортирует черные, цветные, драгоценные металлы, алмазы и другие полезные ископаемые.

На базе местных добываемых полезных ископаемых в Беларуси работает РУП «Беларуськалий», производящее калийные удобрения - 3,5-4,5 млн. т/г, обеспечивающих стране не только прирост урожайности сельскохозяйственных культур, но и поступление в бюджет государства значительных валютных средств.

за счет экспорта продукции. Частично на местном сырье работает Мозырский нефтеперерабатывающий завод, строительство которого было инициировано открытием и добычей нефти в Беларуси. Работают Мозырский солевыварочный завод, производящий пищевую соль высшего качества, три цементных завода, 44 завода по производству глиняного кирпича, стекловарочные по производству оконного и тарного стекла, многочисленные комбинаты строительных материалов и силикатных изделий во всех областях и ряде районных центров, обеспечивающих блочное жилищное и промышленное строительство; цеха (предприятия) по изготовлению железобетонных конструкций, керамических труб, облицовочной плитки, аглопорита, ячеистого силикатобетона, силикатного кирпича, предприятия по производству извести, щебня из строительного камня и доломита, доломитовых и известковых удобрений, торфобрикетов; производству гравия из песчано-гравийных материалов для заполнителей в бетонах, асфальтобетонах, балластных дорожных отсыпок и балластировки железнодорожных путей, фильтрационных экранов; действуют многочисленные цеха по розливу питьевых пресных и минеральных вод и ряд других.

Все добываемые полезные ископаемые практически полностью используются для собственного потребления в народном хозяйстве Беларуси. Исключение составляют только калийные удобрения, почти 90% которых реализуется по экспорту в ближнее и дальнее зарубежье.

Горнодобывающая, горноперерабатывающая, частично, химическая отрасли, как и строительная индустрия, использующие местное сырье, имеют важное социальное значение - обеспечивают рабочими местами несколько сотен тысяч человек.

Добыча всех полезных ископаемых, в той или другой мере, оказывает негативное влияние на окружающую среду. Только нефть, и часть поваренной соли добываются через эксплуатационные скважины, оказывая минимальное (по площади) загрязнение среды. Калийные соли добываются шахтным способом на четырех рудоуправлениях. Строится еще пятая шахта. Кроме шахт, особенно вредное воздействие на окружающую среду оказывает большое количество отходов калийного производства. Остальные полезные ископаемые: торф, все нерудные материалы - сырье для цемента, кирпича, пески и песчано-гравийные смеси, доломит и строительный камень, добываются открытым способом, при котором в значительной мере трансформируется исходный рельеф территории, разрушается и загрязняется почвенный покров, изменяется режим и состав поверхностных и грунтовых вод, полностью или частично уничтожается растительный покров, животные и микробные сообщества, изменяются микроклиматические параметры нарушенной поверхности.

Наиболее значительные площади нарушенных земель в республике связаны с разработками месторождений торфа (около 70%), а остальные (30%) - разработки нерудных полезных ископаемых. Несмотря на постоянно проводимые работы по рекультивации нарушенных земель и значительно меньшие объемы

добычи торфа и других полезных ископаемых в последнее десятилетие площадь нарушенных земель еще составляла 36,28 тыс. га.

Прогноз использования полезных ископаемых и изменения окружающей среды в районах их интенсивной добычи.

Все разрабатываемые в Беларуси виды полезных ископаемых, используемых как энергетическое, агрохимическое, строительное и цементное сырье, формовочные материалы, пресные и минеральные подземные воды, будут добываться и в дальнейшем. При этом, по мере роста внутреннего валового продукта страны, добыча большинства полезных ископаемых будет возрастать. Предполагается в период до 2020 г. начать разработку и новых видов сырья: промышленные рассолы, бурые угли, бентонитовые глины, цеолитсодержащие силициты, гипс, возможно, фосфориты.

Добываемые полезные ископаемые будут использоваться как в натуральном виде (пески, песчано-гравийные смеси, строительный камень, формовочные материалы), так и в переработанном виде - готовой продукции нефтепереработки, агрохимических удобрений, пищевой и технической каменной соли, цемента, глиняных изделий (кирпич, керамические изделия), силикатных и бетонных строительных конструкций и изделий, стекла, строительных растворов и много другого.

Добыча всех полезных ископаемых связана с нарушением экологии окружающей среды. При выемке полезного ископаемого происходит практически необратимое изменение рельефа с нарушением гидрогеологического режима поверхностных, грунтовых и первых от поверхности горизонтов подземных вод, нарушению, частичному или полному, уничтожению почвенного покрова и растительности. В процессе геологоразведочных и добычных работ происходит загрязнение значительных территорий от используемых технических средств и вредных веществ. Особую опасность оказывают производственные отходы при переработке отдельных видов сырья, например, калийных солей, фосфоритов.

Приведем некоторые наиболее ярко выраженные и опасные по последствиям примеры влияния горнодобывающей и горноперерабатывающих отраслей Беларуси на окружающую среду.

Торфодобыча является одной из существенных угроз техногенного воздействия на болотные экосистемы, так как перед началом добычи торфа месторождение осушается в основном открытой осушительной сетью, что негативно сказывается на гидрогеологическом режиме сопредельных территорий. В результате подготовки месторождения к разработке и последующей добыче торфа уничтожаются болотная флора, места обитания болотной фауны, отдыха перелетных птиц.

Добыча нерудных полезных ископаемых - доломитов, мела, мергеля, глины, песка, песчано-гравийных смесей, строительного и облицовочного камня также оказывает масштабное воздействие на окружающую среду, хотя и менее уязвимое, чем разработка торфяных месторождений. Наибольшее влияние, естественно, оказывают крупные и глубокие карьеры выемки полезного ископаемого, где, кроме изменения рельефа, накопления отходов производства, нарушения почвенного покрова и вывода из оборота значительных площадей,

происходят существенные изменения в гидрогеологической обстановке на значительных окружающих территориях. Понижаются уровни грунтовых вод и верхних водоносных горизонтов, увеличивается минерализация вод и они становятся непригодными для хозяйственного использования.

При разработке нерудных полезных ископаемых также происходят значительные нарушения окружающей среды и вывод из сельскохозяйственного оборота части площадей. Однако после выработки полезного ископаемого проводится рекультивация территории, создание искусственных водоемов в глубоких карьерах, полностью используются вскрышные породы, что в определенной мере снижает негативные последствия нарушения окружающей среды.

Значительное трансформирующее воздействие на почвенный покров и гидрогеологический режим региона оказывает деятельность РУП «Беларуськалий», разрабатывающее крупнейшее в Европе Старобинское месторождение калийных солей. В последнее время ежегодно на поверхности земли складировается до 18 млн. т твердых галитовых отходов и около 2-2,2 млн. т глинисто-солевых шламов. С начала разработки месторождения на поверхности накопилось около 700 млн. т твердых и 65 млн. т жидких отходов. Твердые отходы (солеотвалы) занимают площадь около 500 га, а жидкие свыше 700 га. Значительные площади почв Солигорского горнопромышленного района засолены. Оработка Старобинского месторождения привела к оседанию земной поверхности на площади около 20 тыс. га некоторых районов Минской области, из которых 6,5 тыс. га подверглись подтоплению и заболачиванию. Просадки в отдельных местах достигают 40-45 м.

Определенному негативному воздействию подвергается почвенный покров при разведке и особенно эксплуатации месторождений нефти.

При бурении поисковых, разведочных и добывающих скважин источниками загрязнения являются амбары, склады ГСМ и химреактивов, дизельные установки, а основные загрязняющие вещества – отработанные буровые растворы, буровой шлам, нефтепродукты, ПВА и другие химреактивы, сточные воды, потери горюче-смазочных материалов. Однако после завершения буровых работ происходит рекультивация потравленных земель и ущерб становится минимальным, земля через несколько лет становится пригодной для хозяйственного использования.

ГЛАВА 9 ПЛАНЕТА «ВОДА» ИЛИ ПОЧЕМУ ВОДА ОСНОВА ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Из главы мы узнаем сколько «лиц» у воды, так ли она проста по составу и строению, почему человека можно считать мыслящей водой, сколько воды нам нужно, бывает ли вода «живой» и

«мертвой», кто виноват и что делать, чтобы воды хорошего качества хватило всем.

Сколько лиц у воды?

Вода всегда была источником фантастических идей: будто бы у нее есть душа, она способна переносить целительные энергии и питать тело витальной информацией. Все эти представления способны лишь усмешку у рационально мыслящих ученых.

Один из самых серьезных вызовов нашим представлениям о том, что такое вода и как она действует, представляют собой гомеопатические лекарства.

Растительные экстракты или минералы так сильно разводятся водой, что вероятность содержания в склянке с лекарством частицы материального вещества практически равна нулю. Но как чистое ничто может лечить организм? Гомеопаты полагают, что активные вещества с каждым этапом разведения и встряхивания сообщают воде свой отпечаток, так что молекулярная сетка H_2O «помнит» о них. Они считают, что частицы воды формируют своего рода отпечатки частиц материи.

Так что же особенного в этом веществе? Вода бесцветна, не пахнет и не имеет вкуса. Она падает с неба и течет из крана на кухне. Рождается она тоже совершенно заурядным способом: образуется из элементов, занимающих первое и третье места по распространенности во Вселенной, а именно из водорода и кислорода, в объемном соотношении 2:1. Это одна из самых маленьких и легких молекул, которые нам известны. Вода кажется образцом элемента без свойств. Уже много веков ученые изучают химическое соединение с незамысловатой формулой H_2O . Времени было достаточно, характер у подопытного простой – казалось бы, о воде все должно быть давно известно, она должна быть изучена вдоль и поперек.

Но не тут то было. Вода постоянно ставит перед физиками и химиками целые комплексы сложных вопросов.

По сей день существует ряд фундаментальных вопросов, на которые нет ответов: каким именно образом организованы молекулы в жидкости, который мы утоляем жажду? Почему это вещество ведет себя во многих отношениях настолько аномально? Почему у воды в кристаллическом состоянии, то есть в виде льда, так много «лиц» - если точнее, 15? Почему именно это простая химическая конструкция играет главную роль во всех биологических процессах, становится «матрицей жизни»?

Используя весь арсенал средств, ученые пытаются вывести у воды ее тайны: они подвергают ее сильному облучению, сжимают в прессах под чудовищным давлением, пытаются просчитать ее поведение на компьютере, - при этом целой сотне процессоров приходится работать в течение недель, а то и месяцев. И после всего этого вода продолжает поражать своих аналитиков.

Исследователями движет чистая любознательность, интерес к веществу, без которого нельзя себе представить жизнь на Земле.

Постоянный круговорот воды в атмосфере, гидросфере и земной коре оказывает мощное воздействие на облик планеты – этот нежный элемент способен сносить горы и поглощать острова.

Улавливая солнечное излучение, вода помогает поддерживать температуру на Земле в комфортном диапазоне. Мощные морские течения разносят огромные объемы тепла по всей планете – в частности, не дают мерзнуть европейцам, омывая Европу Гольфстримом. И, наконец, вода обеспечивает жизнедеятельность всех организмов: она переносит питательные вещества, собирает и выводит отходы.

Чем больше узнают исследователи, тем очевиднее становится, что в жидком состоянии H_2O ведет себя совершенно не типичным образом. Воды невероятно многолика, этого нет ни у одной жидкости.

Ученые насчитали 40 аномалий, характерных для воды. Они пытаются дать этому объяснения: какие-то кажутся исчерпывающими, некоторые спорными, другие совершенно неудовлетворительными.

Например, почему при существующих на Земле условиях температуры и давления, исключая полярные регионы, вода вообще жидкая? Насколько это необычно, можно понять, взглянув на ее ближайших химических родственников, водородные соединения элементов серы и селена (H_2S ; H_2Se). Их источники кипения позволяют ожидать, что вода будет испаряться уже при $60^\circ C$. К счастью, для того, чтобы выкипеть, воде нужна температура на $160^\circ C$ выше. Иначе на Земле не было бы океанов, это была бы голая пустынная планета.

Почему при замерзании она расширяется на 11%, может при этом взорвать бутылку водой, прогрызает скалы и здания? Тогда как другие вещества при переходе в кристаллическую форму становятся плотнее и сжимаются, вода демонстрирует свою наибольшую плотность при $4^\circ C$. Небольшая эксцентричность с далеко идущими последствиями: благодаря тому, что лед легче холодной воды, он плавает на поверхности морей, рек и озер и позволяет сохранить жизненное пространство рыбам и другим живым организмам.

Почему холодная вода при повышении давления становится более жидкой, иными словами, почему уменьшается вязкость? «Нормальные» жидкости ведут себя противоположным образом: они становятся более вязкими, когда их частицы сильно сжимаются.

Чтобы лучше понять причудливый характер воды, полезно познакомиться со строением ее частиц и тем, как они соединяются между собой. Оказывается молекула H_2O напоминает шарик а буквы «V»: в центре атом кислорода, на концах обеих валентностей – по атому водорода.

Но и это только половины правды: над центральным атомом кислорода выступают дополнительно два диффузных облака, которые несут отрицательно

заряженные электроны. Специалисты называют их свободными парами электронов.

Таким образом, четыре палочки молекулы образуют четыре угла тетраэдра, то есть пирамиды с треугольным основанием.

Но одна эта архитектура не может объяснить всех особенностей воды. Ее своеобразие в значительной степени связано с особой клейкостью частиц H_2O – с тем, что химики называют «водородным мостом». Это соединительный элемент, нормальное, так называемое ковалентное соединение между одной молекулой и обычной для молекул слабой силой притяжения, силой Ван-дер-Ваальса.

Водородный мост функционирует следующим образом: кислород тянет на себя электроны, которые он делит с атомами водорода, подобно тому, как натягивает на себя одеяло спящий ребенок. При этом водород заряжается положительно. Так как противоположные заряды притягиваются друг к другу (как отрицательный и положительный полюсы магнита), атомы водорода одной молекулы прикрепляются к свободным парам электронов соседней частицы.

Почему мы можем называться мыслящей водой?

Жизнь возникла в океане, и мы буквально созданы из воды: человеческий организм почти на две трети состоит из этого вещества, мозг – 77 %, мускулы – на целых 80 %. Но где же она сосредотачивается? Почему мы не похожи на термосы, доверху наполненные водой?

Причина в том, что вода в организме претерпевает своего рода трансформацию личности. Она не плещется в клетках туда-сюда, и там ничего не плавают. Правильнее представить себе желе. И желе это просто потрясающее! Оно сдобрено множеством белков, солей аминокислот, сахаров, жиров, а также генной субстанцией ДНК. При этом H_2O занимает лишь узкие промежутки между объемными химическими структурами. Заключение в такие узкие рамки вещество может изменить свои свойства: вода по-другому «замерзает», возникают необычные силы притяжения и отталкивания.

Пока детали процессов, происходящих в этом тесном мире, во многом остаются загадкой. У ученых нет согласия даже в вопросе о природе клеточной воды. Одно несомненно: вода чрезвычайно важна для структуры, динамики и функции белков. Без этой маленькой молекулы могущественные белки – будь то ферменты, строительные элементы тканей, такие как коллаген, или антитела иммунной системы – не могли образовать свои специфические трехмерные формы. А это совершенно необходимо для реализации функций.

Чем больше ученые постигают молекулярный механизм, тем яснее становится, насколько незаменима вода для его функционирования. Наряду с белками, это касается также и носителя наследственной информации – молекулы ДНК. Ее цепочкам требуется вода – в количестве около трети их веса, чтобы они приняли и сохранили знаменитую форму двойного спирального сплетения.

Вода также заставляет скапливаться у мембран жиरोобразные, гидрофобные элементы и таким образом позволяет клеткам образовать барьер, сохранив и защитив в внутреннюю часть от вредных воздействий окружающей среды.

Однако изыскания в области взаимного влияния воды и биомолекул имеют не только чисто научный интерес, в этом есть и практический смысл. Так фармацевты пробуют помещать лекарственные вещества, в частности белки, в «наноконтейнеры» - крохотные шарики. Величина, форма и содержание воды в этих оболочках имеют решающее значение для действенности медикамента.

Вода настолько идеально подходит для удовольствия для удовлетворения всех нужд жизни, что кажется, будто она создана по какому-то сверхпродуманному плану. Однако биологи предпочитают говорить не о замысле Творца, а о случайности: они считают, что благодаря счастливому стечению обстоятельств, законы природы и естественные условия дали образоваться молекуле H_2O , причем у нее оказались именно те свойства, которые позволили жить разумным веществам, - а они, в свою очередь, со временем принялись исследовать воду и разгадывать тайны.

Вода, она что, с неба свалилась?

Количество воды во Вселенной неисчислимо, по своей распространенности в космосе это вторая после водорода молекула. В этом смысле удивляет скорее то, что лишь 0,05 % веса нашей планеты приходится на этот элемент.

В одних только океанах и ледовых покровах содержится 1,4 триллиона тонн воды. Как эти океаны вместе с еще 50 морями, заключенными в каменную оболочку земной мантии, оказались на нашей планете, прояснить до сих пор не удалось.

Вплоть до 1990-х годов господствовала теория, согласно которой вода была доставлена на почти готовую для «оплодотворения» Землю кометами. Эти небесные тела, оставляющие роскошные росчерки на небе, идеально подходили на роль «водоносков» - ведь они представляют собой подобие грязных снежков, наполовину состоящих из льда.

Но когда наконец удалось проанализировать химический состав комет, выявилось серьезнейшее различие между их водой и нашей, земной: здесь и там - разные составы изотопов. Обычно в атомном ядре водорода содержится положительно заряженный протон.

Существует вариант водорода, дейтерей, в котором есть еще дополнительно один электрически нейтральный нейтрон. Химически этот изотоп ведет себя, как водород, только он тяжелее. Оказалось, что дейтерий встречается в кометах в два раза чаще, чем на Земле. Ученые сделали вывод, что от комет происходит максимум 50 % земной воды, вероятнее же всего, - лишь 10 %.

Некоторые исследователи придерживаются другой теории, согласно которой, наша планета поначалу сформировалась из сухих каменных глыб. На

более поздних стадиях развития сюда поступила содержащая воду материя с подходящим соотношением дейтерия и водорода: астероиды из более холодных пограничных областей Солнечной системы прилетели в центральную ее часть.

Необходимое для жизни вещество было на планете с самого начала – это мнение еще одной группы геохимиков и химиков космоса. Они считают, что Земля сформировалась из влажной праматери, из минералов, содержащих воду.

Все воды на поверхности Земли (реки, озерные водоемы, болота) составляют наиболее уязвимый элемент водной оболочки планеты, испытывающий постоянное воздействие техногенных процессов. С этим обстоятельством связаны высокие уровни загрязнения речных и озерных вод, в том числе и на территории Беларуси. Совместным воздействием загрязненных атмосферных осадков и стоков с сельхозугодий, крупных животноводческих комплексов, промышленных предприятий и свалок твердых бытовых и промышленных отходов в стране давно выведены из строя поверхностные источники водоснабжения, реки и большая часть водоемов. Только в течение двух десятилетий 1965—85 гг. содержание солей в речных водах возросло в среднем на 30 мг/дм³ (зимняя мезень). В последующие годы состав речных вод претерпел дальнейшие изменения, не всегда в лучшую сторону. Ухудшилось бактериологическое состояние, изменился химический состав речных вод. На некоторых участках речных водотоков содержание нитритов и нефтепродуктов превышает ПДК в десятки раз. По содержанию азотистых соединений, разнообразных ядохимикатов, хлоридов и хлорорганических соединений, тяжелых металлов и, в частности, ртути поверхностные воды, например р. Свислочь, опасны для живых организмов и человека. Особенно загрязнены донные осадки рек, водохранилищ и прудов. Чрезвычайно высокие концентрации в них тяжелых металлов (ртуть, кадмий, хром, свинец и др.), пестицидов и гербицидов, а также радионуклидов (в зонах Чернобыльских выпадений) заставляют рассматривать донные образования русел рек и стариц в качестве линейных источников постоянного загрязнения речной воды и связанных с реками грунтовых вод.

Беларусь владеет неограниченными ресурсами подземных вод - пресных питьевых, минеральных (столовых и для бальнеопроцедур), а также подземных рассолов. Пресные питьевые воды, распространенные повсеместно до глубины от 100-150 до 400-450 метров, легко подвергаются процессам загрязнения с поверхности земли. По этой же причине возникло загрязнение грунтовых вод на обширной территории (более 6 млн. га) сельскохозяйственных угодий и мелиоративного строительства, а также в пределах и окрестностях всех без исключения городов и населенных пунктов (коммунальное и промышленное загрязнение), соледобывающих рудников (Солигорск), обогатительных заводов (Гомель), птицеферм и крупных животноводческих комплексов с их весьма опасными стоками.

Сколько же воды есть в Беларуси?

Беларусь расположена в зоне умеренного увлажнения. Среднегодовое количество осадков в стране составляет 550-720 мм, а в засушливые годы это количество может снижаться до 350 мм. На территории республики выпадает в среднем $155,4 \text{ км}^3$ осадков в год. Испаряется 119 км^3 , в виде речного стока стекает $36,4 \text{ км}^3$. Из соседних республик транзитом поступает $20,7 \text{ км}^3$ речных вод. Итого, годовой сток рек достигает $57,1 \text{ км}^3$. Все реки в основном снегового питания, с весенним половодьем. Если допустить, что динамические (поточные) запасы грунтовых вод соизмеримы с суммарным многолетним расходом рек на период межени, то их величина выразится в 56 млн. м^3 /сутки (около $20,5 \text{ км}^3$ /год).

Большая часть запасов пресных вод связана с песчано-глинистыми древними речными и ледниковыми четвертичными отложениями; часть ресурсов подземных вод приурочена к неоген-палеогеновым, верхнемеловым, юрским и более древним породам.

Движение грунтовых вод направлено к руслам ближайших рек или понижениям рельефа (озерным, болотным), сток более глубоко залегающих пресных подземных вод происходит в крупные речные долины. Интенсивность движения подземных вод уменьшается с глубиной, минерализация повышается по мере увеличения глубины их залегания. В среднем можно принять, что пресные воды с минерализацией до 1 г/дм^3 распространены до глубины 150-250 м, ниже этого уровня минерализация вод интенсивно возрастает и достигает $400-600 \text{ г/дм}^3$ в наиболее погруженных частях осадочных толщ (Оршанская и Подлясско-Брестская впадины, Припятский прогиб).

Естественные ресурсы подземных вод, равные подземному стоку в реки составляют по разным оценкам от $15,9$ до $20,5 \text{ км}^3/\text{год}$, а с учетом транзитного трансбассейнового стока могут достигать $33 \text{ км}^3/\text{год}$. Эксплуатационные запасы зоны интенсивного водообмена оцениваются величиной $18,1 \text{ км}^3/\text{год}$, что свидетельствует об их обеспеченности естественным восполнением.

По состоянию на 2000 г., общий отбор подземных вод из недр республики достиг $2 \text{ км}^3/\text{год}$, что составило около 11 % прогнозных эксплуатационных запасов зоны интенсивного водообмена.

В условиях Беларуси, где густота речной сети достигает $0,4-0,5 \text{ км/км}^2$, практически каждая скважина подземных вод оказывает влияние на величину расхода реки. Доля речного стока в существующем и перспективном отборе подземных вод в целом по республике достигает 75-85%, что, естественно, отрицательно сказывается на гидрогеологическом режиме рек, особенно малых. Часть из них пересыхают полностью или функционируют временно.

В химическом составе пресных подземных вод преобладают гидрокарбонаты и кальций, с увеличением минерализации возрастают концентрации сульфатов, хлора и натрия, широко распространены воды с высоким содержанием (выше ПДК) железа.

Как наблюдают за состоянием подземных вод?

В Беларуси организована государственная система наблюдений (мониторинга) за количеством и качеством подземных вод. Республиканское унитарное предприятие «Белгеология» владеет сетью скважин, в которых ведутся наблюдения за режимом (составом, количеством) подземных вод. Наблюдения за водоотбором, изменением уровней и температур, качеством подземных вод производятся на групповых водозаборах 22 городов республики и 102 гидрогеологических постах.

Сложной является проблема прогноза качества подземных вод. Это обусловлено наличием нерегулярно действующих источников техногенных загрязнений, многообразием загрязнителей, а также трудно учитываемыми изменениями физико-химических параметров водной среды.

Как подсчитать текущую и подземную воду?

В соответствии с оценками белорусских гидрогеологов, общий объем пресных питьевых вод изменяется в пределах 7850-10470 км³.

Естественные ресурсы пресных подземных вод представляющие собой суммарный расход потока подземных вод, обеспеченный инфильтрацией атмосферных осадков, могут составлять, как упоминалось выше, 15.9-20.5 км³/год. С учетом неравномерности выпадения атмосферных осадков по годам, больших погрешностей в оценке потерь на испарение, трансграничного подземного стока и др., гидрогеологической службой Беларуси естественные ресурсы пресных подземных вод принимаются равными 15.9 км³/год, что соответствует около 44 млн. м³/сутки.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод, под которыми понимается количество воды, которое может быть получено из скважин водозаборов в целом по республике оцениваются в около 5 млн. м³/сут.

Эксплуатационные запасы пресных подземных вод. Под разведанными эксплуатационными запасами понимается количество подземных вод (м³/сут), которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями (скважинами) при заданном режиме эксплуатации, а также качестве воды, удовлетворяющем санитарным требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления (около 30 лет).

В 2006 г. общий водоотбор составил примерно 2 км³, и, около 0,1 км³ подано из реки Вилия в реку Свислочь для обводнения города Минска. Потребление воды на одного жителя в целом по республике составило 218 л/сутки, что выше, чем в большинстве стран Европы (100-150 л/сутки). В основном, хозяйственно-питьевое водоснабжение республики осуществляется за счет подземных вод. Из поверхностных вод, частично, обеспечиваются города Полоцк, Минск, Гомель и Гродно.

Касаясь использования подземных вод, следует отметить, что максимальное расходование воды в последние годы связано с питьевым и жилищно-коммунальным водоснабжением и потреблением воды промышленными предприятиями.

Из вышеприведенных данных следует что Беларусь обладает значительными ресурсами пресных подземных вод, многократно превышающими современные и перспективные объемы их потребления. Основные проблемы в использовании

подземных вод, как в настоящее время, так и в перспективе будут обусловлены их качеством.

Современное качество подземных вод, источники загрязнений, загрязняющие вещества

Характер покровных отложений территории Беларуси, их хорошая проницаемость в сочетании с влажным климатом региона обуславливают здесь формирование мощной толщи пресных подземных вод преимущественно гидрокарбонатного кальциево-магниевого состава. Их солесодержание колеблется от 15-50 мг/дм³ до 500-700 мг/дм³. Пресные воды высокой минерализации (0,7 – 1,0 г/дм³) отличаются, как правило, гидрокарбонатно-хлоридным кальциево-натриевым составом и тяготеют к самой нижней части зоны активного водообмена. В долинах некоторых рек (Припять, Березина, Днепр, Птичь, Зап. Двина и др.) известны очаги разгрузки глубинных минерализованных вод, в пределах которых хлоридно-натриевое засоление достигает грунтовых и даже поверхностных вод.

На участках, не испытывающих техногенного загрязнения, пресные подземные воды по качеству, как правило, удовлетворяют требованиям, предъявляемым к питьевым водам (СанПиН 10-124 РБ 99). Исключение составляют повышенные содержания в водах железа, реже марганца и некоторых других компонентов, а также дефицит в этих водах (т.е. содержание ниже физиологически оптимального уровня) таких микроэлементов как фтор и йод.

Высокое содержание железа в водах является важнейшей технологической проблемой, осложняющей работу многих групповых водозаборов и одиночных скважин. Более 70% артезианских скважин на территории Беларуси откачивают воду с содержанием железа, превышающим уровень ПДК (0,3 мг/дм³), а в зоне Полесья их доля достигает 90-95%.

Максимальные концентрации железа отмечаются в грунтовых водах болотных отложений (до 20-40 мг/дм³), а также в грунтовых водах отложений, подстилающих торфяники (до 15-26 мг/дм³). На некоторых водозаборах отмечается тенденция роста содержания железа с течением времени (Гомель, Солигорск, Микашевичи).

В последние десятилетия на качество пресных подземных вод Беларуси все большее влияние оказывают различные техногенные факторы, особенно сельскохозяйственное, коммунально-бытовое, промышленное загрязнения.

В наибольших масштабах проявляется сельскохозяйственное загрязнение подземных, главным образом, грунтовых вод. Оно охватывает практически все пахотные земли, где применяются органические и минеральные удобрения, территории животноводческих ферм и комплексов, полей орошения животноводческими стоками. На таких участках в грунтовых водах наблюдается рост содержания ионов NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} и др. компонентов. Нередко обнаруживаются следовые количества ядохимикатов.

Мощным фактором, приводящим к глубокой трансформации геохимического облика грунтовых вод, являются осушительные мелиорации. На осушенных землях

грунтовые воды приобретают сульфатный кальциевый состав, совершенно нехарактерный для пресных подземных вод Беларуси.

Очень высокие уровни загрязнения грунтовых вод формируются в пределах сельских населенных пунктов и в городах в районах частной застройки, где на сельскохозяйственное загрязнение накладывается коммунально-бытовое. Наибольшей интенсивностью на этих участках выделяется нитратное загрязнение. Если естественный геохимический фон NO_3^- в грунтовых водах Беларуси составляет в среднем 1.2 мг/дм^3 , то в водах колодцев и неглубоких индивидуальных скважинах на подворьях его содержание возрастает часто до $300\text{--}560 \text{ мг/дм}^3$, достигая в отдельных случаях $1200\text{--}2492 \text{ мг/дм}^3$ (ПДК - 45 мг/дм^3). По данным РУП «Белгеология» в настоящее время 80-85% колодцев, которыми в Беларуси пользуется подавляющая часть сельского населения, извлекают воду с содержанием нитратов выше санитарных норм. Часто эти воды неблагоприятны и по другим химическим и микробиологическим показателям. В целом, проблема сельского водоснабжения является острой экологической проблемой Беларуси.

К категории *коммунально-бытового загрязнения* относится загрязнение, формирующееся в пределах свалок твердых бытовых отходов и очистных сооружений коммунальных служб. Характерными компонентами подобного рода загрязнений являются NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , а также широкий спектр органических соединений.

Промышленное загрязнение подземных вод отличается высокой интенсивностью, хотя проявляется, как правило, на сравнительно ограниченных участках. Наиболее значительные площади подвержены промышленному загрязнению в Солигорском промрайоне, Минской и Гомельской агломерациях, в районах нефтепромыслов и др.

В районах солеотвалов и шламохранилищ Солигорских калийных комбинатов на площади 15 км сформировалась зона хлоридного натриевого засоления, которая охватывает подземные воды до глубины более 100 м. Минерализация загрязненных вод достигает $80\text{--}160 \text{ г/дм}^3$. Имеет место тенденция расширения ореола загрязнения, скорость которого оценивается от нескольких метров до 50-90 метров в год. По причине засоления подземных вод в 1977 г. была прекращена эксплуатация ряда водозаборных скважин 1-го и 3-го рудоуправлений ПО «Беларуськалий»).

В районе Гомельского химзавода на участках складирования твердых бытовых отходов (отвалы фосфогипса) и хранилищ жидких отходов (шламонакопители) подземные воды интенсивно загрязнены фосфатами (до 50 ПДК), фтором (до 16 ПДК), сульфатами (до 4,5 ПДК) и др. компонентами.

В пределах промплощадок нефтепромыслов ПО «Беларусьнефть» вследствие утечек и аварийных разливов нефти, рассолов и буровых растворов формируются ореолы загрязнения подземных вод по ионам хлора, натрия, кальция, нефтепродуктам и другим компонентам.

Потенциально опасным источником загрязнения подземных вод является радиоактивное загрязнение значительной части территории Беларуси, сформировавшееся в результате аварии на ЧАЭС. Наблюдаемые в настоящее время

активности (концентрации) Cs^{137} в грунтовых водах, значительно ниже допустимого уровня для питьевых вод (11 Бк/дм^3). Загрязнение стронцием-90 характерно в основном для территории 30 км зоны ЧАЭС. В подземных водах эксплуатируемых горизонтов содержание Sr^{90} здесь невелико и, как правило, не превышает $0,02\text{--}0,1 \text{ Бк/дм}^3$.

Что ожидает нас в будущем и что делать?

В соответствии с оценками климатологов, на территории Беларуси и Центральные районы России в ближайшие десятилетия (2020-2070 годы) ожидается рост температур выше фоновых уровней для последних десятилетий XX в. и, как следствие, изменение режима осадков и других параметров климата.

Установлено, что среднегодовые температуры возросли за последнее столетие почти на 1°C . Особенно мощное потепление зарегистрировано в последние 30 лет. Если сравнить температуры середины 60-х XX столетия и начала XXI столетия, то зимой отмечается ее рост на величину около 3°C , а в январе он составил около 6°C . Потепление в последние 30-летие можно назвать потеплением зимнего типа.

Сценарии изменения температуры, осадков и скорости ветра на XXI столетие, следующие. В середине XXI столетия (2040-2070 гг.) средняя годовая температура по сравнению с 90-ми годами XX столетия может увеличиться на 2°C . Максимальная температура летом возрастет соответственно на $1,7\text{--}2^\circ\text{C}$, а минимальная зимой - на $2\text{--}3^\circ\text{C}$.

Расчет изменения речного стока и испарения для разных сценариев температуры и осадков показал, что речной сток может уменьшиться от 10 до 45%. Изменения суммарного испарения составят 1-7% в соответствии с самым неблагоприятным сценарием изменения температуры и осадков речной сток может уменьшиться в среднем на 30% (июль - 45%, апрель - 26%), а среднее уменьшение суммарного испарения составит около 0,7%. Речной сток очень чувствителен к одновременному уменьшению количества атмосферных осадков и увеличению температуры воздуха. Величина стока в этом случае может уменьшиться на 40-45% в летние месяцы.

При наложении на самый неблагоприятный сценарий 10%-го техногенного воздействия на водосбор реки уменьшение среднего годового стока может достигнуть 50%.

Приведенные здесь представления о влиянии климатических факторов на речной сток вполне обоснованы и могут служить основой для гидрогеологических прогнозов.

Что делать, чтобы улучшить качество воды?

При сооружении гидрогеологических скважин на воду используют металлические обсадные и фильтровые трубы, что создает серьезные угрозы качеству питьевых вод, откачиваемых из подземных водоносных горизонтов. В результате коррозии металлических конструкций в подземных водах повышается содержание железа, на поверхности обсадных и фильтровых колонн образуются труднорастворимые соединения FeS , FeCO_3 и другие, уменьшающие проницаемость фильтров и служащие субстратом для развития бактериальных патогенных организмов.

С целью улучшения качества вод следует отказаться от применения металлических обсадных и фильтровых колонн, заменив их пластиковыми элементами, как это практикуется в ряде европейских стран (Германия, Нидерланды и др.).

Еще одна угроза качеству откачиваемых из подземных горизонтов вод питьевого назначения создается в районах сосредоточения крупных групповых водозаборов, где в результате массового водоотбора формируются глубокие и обширные депрессионные воронки и, как следствие, имеет место подтягивание соленых и солоноватых вод из глубже залегающих горизонтов. Наиболее эффективным методом борьбы с подобного рода загрязнением является отказ от сосредоточенных групповых водозаборов «батареинного» типа с заменой их на менее крупные, рассредоточенные.

Еще одной причиной ухудшения качества воды для питьевых целей является отсутствие или несоблюдение режима зон санитарной охраны (ЗСО) источников водоснабжения. Необходимо усилить запретительные мероприятия в соответствии с современными достижениями науки о подземных водах и гидроэкологии.

Общий комплекс необходимых водоохраных мероприятий

Для решения проблемы обеспечения как городского, так и сельского населения качественной питьевой водой, а также защиты пресных подземных вод от загрязнения представляется необходимо осуществить следующие мероприятия:

- в пределах зон санитарной охраны групповых водозаборов необходимо улучшить их экологическое состояние (ликвидировать стихийные свалки и животноводческие фермы, провести коммунальное благоустройство населенных пунктов и т.д.);
- в прилегающих к групповым водозаборами территориям применение на сельскохозяйственных минеральных и органических удобрений должно быть сведено до минимума. В пределах санитарных зон водозаборов необходимо прекратить распашку сельскохозяйственных земель;
- на объектах коммунального хозяйства (системы канализации, очистные сооружения, полигоны ТБО и др.) необходимо строгое выполнение водоохраных мероприятий с целью предотвращения загрязнения подземных вод за счет утечек сточных вод;
- на ликвидированных животноводческих фермах, которых особенно много в Витебской и Могилевской областях, а также на других сельскохозяйственных и промышленных объектах неиспользуемые скважины водоснабжения должны тампонироваться или же тщательно консервироваться с целью предотвращения попадания загрязнения с поверхности в глубокие водоносные горизонты;
- на ведомственных водозаборах предприятий необходимо регулярное проведение обследований промплощадок.

ГЛАВА 10 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

В которой будет рассказано, какая энергия является чистой, что делать, когда закончатся нефть, газ и уголь, как использовать энергию ветра, солнца, морских приливов, тепла земных недр, а также что такое биотопливо и биогаз.

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

На мировом уровне глобальная энергетическая проблема впервые возникла в 70-х гг. XX в. Главными причинами появления глобальной энергетической проблемы именно в этот период явились две:

- глубокий энергетический кризис, возникший, как результат резкого увеличения объемов добычи и потребления минерального топлива по отношению к его общемировым запасам;

- глобальная конкурентная борьба между гигантскими топливными корпорациями за топливно-энергетические ресурсы, за их раздел и передел. Причем в этой борьбе участвуют не только транснациональные корпорации развитых стран Запада, но и некоторые группировки развивающихся стран, в первую очередь организация стран-экспортеров нефти (ОПЕК).

Энергетический кризис – это напряженное состояние, сложившееся между потребностями современного общества в энергоресурсах и ограниченными возможностями удовлетворения этих потребностей в связи с наличием нерациональной структуры потребления энергоресурсов. Энергетический кризис 70 гг. прошлого века знаменовал собой окончание эпохи дешевой нефти и повлек за собой структурные изменения потребления энергоресурсов во всей мировой экономике. Поэтому, в 80 гг. XX в. впервые появились прогнозы структурной перестройки всего мирового хозяйства, ориентирующие его на снижение темпов ресурсоемкости и энергоемкости, а, следовательно, направленные на сокращение темпов прироста потребления топливно-энергетических ресурсов.

Согласно досрочным прогнозам, для развития мирового хозяйства с учетом современного роста численности населения и тенденций развития экономики в высокоразвитых и развивающихся странах, к середине XXI века глобальное энергопотребление в мире увеличится до 20 млрд. т (тонн условного топлива). А к 2100 г. мировое энергопотребление достигнет 30 млрд. т. Причем коренное изменение претерпит соотношение структуры энергопотребления между развитыми и развивающимися странами. Доля последних от общего объема достигнет 20 млрд. т., а доля развитых сократится до 8 млрд. т. Увеличение планируемого объема мирового энергопотребления, вызывает

необходимость поиска вариантов решения глобальной энергетической проблемы.

В настоящее время основное количество энергии получают за счет сжигания или переработки природного углеродсодержащего топлива (табл. 10.1)

Таблица 10.1

Использование различных энергоресурсов в мире

Страна	Уголь	Нефть	Газ	Ядерная энергия	Гидро-энергия	Энер-гия ветра	Сол-нечная энер-гия
Канада	15	3	6	18	61	3	3
Швеция	2	2	—	43	51	1	1
Швейцария	—	2	—	39	59	—	—
США	54	3	13	19	8	3	3
Германия	57	2	7	29	4	1	1
Великобритания	52	7	11	28	2	2	2
Китай	74	8	—	—	18	—	—
Россия	16	8	46	13	17	0,003	0,001
Франция	5	1	1	73	14	—	—
Италия	9	52	18	—	19	2	2
Ю. Корея	17	27	9	43	4	—	—
Тайвань	23	21	3	34	9	—	—
Япония	12	22	23	32	9	2	2
Весь мир	40	10	14	17	17	1	1

Естественно, что каждая страна старается использовать те ресурсы, которыми она обладает. Это легко обнаружить по проценту использования каждого вида.

Считается, что качество жизни напрямую связано с потреблением энергии на душу населения. Сейчас на каждого жителя Земли приходится чуть больше 2 кВтч в день при норме 10 кВтч. В промышленно развитых странах этот показатель в 14 раз выше, чем в развивающихся странах. Например, в Норвегии потребляется 25 тыс. кВтч, Италии - 3 тыс., а в Бангладеш - всего 46 кВтч на душу населения в год.

В настоящее время удовлетворение потребностей в топливно-энергетических ресурсах и обеспечение рациональной структуры топливно-энергетического баланса страны, а также поиск дополнительных источников энергии стали важнейшими задачами, стоящими перед энергетиками республики. Вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии является основной частью энергосбережения. Развитие и использование

собственных возобновляемых источников энергии является ключевым элементом повышения энергетической безопасности и энергосбережения.

Гидроэнергетика.

Важнейшую роль в обеспечении потребностей республики в энергоресурсах может сыграть малая гидроэнергетика. Основной гидроэнергетический потенциал Беларуси сосредоточен на трех реках: Западной Двине, Немане и Днепре. В ближайшие годы запланировано сооружение ряда малых ГЭС на притоках основных рек, а также на тепловых электростанциях с использованием энергетического потенциала охлаждающей воды.

В развитии малой гидроэнергетики преобладает сооружение новых, реконструкция и восстановление существующих ГЭС. Мощность построенных гидроагрегатов будет находиться в диапазоне от 50 до 5000 кВт, при этом предпочтение будет отдаваться быстромонтируемым гидроагрегатам капсульного типа. Как правило, все восстанавливаемые и вновь сооружаемые ГЭС должны работать параллельно с существующей энергосистемой.

Гидроэлектростанции включают в себя: водохранилище, подводящий водопровод, регулятор расхода воды, гидротурбину, электрораспределительную систему. Водоохранилище, как источник потенциальной энергии, создается с помощью плотины, которая обеспечивает стабильный расход воды через турбину. Для микро-ГЭС водохранилища не создаются, они располагаются в стороне от основного русла реки и соединяются с ним подводящим и отводящим каналами. Такие установки называются деривационными гидростанциями и имеют вместо плотины невысокую подпорную стенку. Микро-ГЭС широко распространены за рубежом.

Опыт использования малых ГЭС в Беларуси насчитывает более 50 лет, еще в начале 60-х годов XX в. в республике действовало примерно 180 ГЭС мощностью 21 МВт и среднегодовой выработкой электроэнергии 88 млн кВт-ч. В 1988 г. еще работали свыше 170 ГЭС, в том числе 5 малых ГЭС суммарной мощностью 3,5 тыс. кВт и годовой выработкой 16,5 млн кВт-ч электроэнергии. Для притоков первого и второго порядка бассейнов рек Западная Двина, Неман, Виля, Днепр, Припять и Западный Буг проведена оценка эффективности строительства новых малых ГЭС.

В перспективе на этих реках может быть установлено около 50 малых ГЭС суммарной мощностью 50 тыс. кВт и среднегодовой выработкой электроэнергии 160 млн кВт-ч. На прудах и малых водохранилищах, напор на которых обычно составляет 2-5 м, применяются гидроагрегаты малой мощности. Такие микро-ГЭС мощностью 10-50 кВт могут устанавливаться на существующих гидротехнических сооружениях водоемов мелиоративных и водохозяйственных систем.

По ориентировочной оценке общая мощность микро-ГЭС на водохозяйственных системах республики может составить до 1 МВт. Однако, развитие большой энергетики и курс на индустриализацию Беларуси привел к консервации и прекращению эксплуатации многих действующих ГЭС. На конец 2005 г. в энергосистеме Беларуси эксплуатировалось 15 малых ГЭС общей мощностью 20 МВт со среднегодовой выработкой электроэнергии 53 млн. кВт·ч, что составляет 0,1% от общего потребления электроэнергии в стране. В Беларуси функционируют построенные в 50-е годы XX в. Чигиринская и Осиповичская ГЭС с общей мощностью 3,7 МВт и сеть ГЭС, восстановленных в 1992-94 гг., общей мощностью около 2 МВт, что обеспечивает среднегодовую выработку электроэнергии около 20 млн кВт·ч, т. е. всего 1 % от возможного использования гидроэнергетического потенциала республики. Недавно введено еще несколько мини-ГЭС (Вилейская, Солигорская, в поселке Новоельня). Суммарная установленная мощность малых гидроэлектростанций на реках бассейнов Немана и Припяти оценивается в 93 тыс. кВт, а выработка электроэнергии может составить 390 млн кВт·ч, что обеспечит получение экономии 140 тыс. т условного топлива на тепловых электростанциях. Мировой уровень стоимости 1 кВт установленной мощности для микро-ГЭС составляет 2000-2500 долларов. Стоимость оборудования, изготовленного в странах СНГ, существенно ниже мирового уровня цен и составляет 250-800 долларов за кВт. Срок окупаемости микро-ГЭС - менее 3 лет.

Строительство новых малых ГЭС технически целесообразно и экономически оправдано на водохранилищах (объемом более 1 млн м³), где имеется возможность использования готового напорного фронта и существующих гидротехнических сооружений. Как показал анализ, общая установленная мощность таких ГЭС на 17 крупных водохранилищах республики неэнергетического назначения составит около 6 МВт, что обеспечит выработку электроэнергии порядка 21 млн кВт·ч в год.

Наиболее значительный объем электроэнергии может быть получен при строительстве каскада ГЭС на реках Западная Двина (Витебская, Полоцкая, Верхнедвинская) и Неман (Гродненская). Эти гидроэлектростанции при относительно небольшом затоплении пойменной территории позволят получить до 800 млн кВт·ч в год электроэнергии при установленной мощности около 240 МВт.

Малая гидроэнергетика является экологически чистой альтернативой ископаемому топливу при производстве электроэнергии и может с успехом применяться для обеспечения нужд народного хозяйства республики.

Ветроэнергетика.

Республика Беларусь располагает значительными ветроэнергетическими ресурсами и при среднегодовой скорости ветра, равной 4,3 м/с, удовлетворяет

мировым требованиям коммерческой целесообразности внедрения ветротехники.

Человечество с давних времен научилось использовать энергию ветра с помощью парусов в морских судах, ветряных мельниц для помола зерна, передачи воды и т. д. Новый подход к реализации энергии ветра в форме электроэнергии заставил многие страны оценить имеющийся ветроэнергетический потенциал на своих территориях.

Так, в Дании электроэнергия, выработанная на ветро- энергетических станциях, составила в 1998 г. 7%, в 2005 г. – 16% от общего энергопотребления. Планируется довести эту долю до 50% к середине текущего столетия.

Суммарная мощность всех ветроэнергетических установок (ВЭУ) в мире в 2005 г. составила 50 ГВт и имеет неуклонную тенденцию к увеличению. Ветроэнергетика занимает одно из приоритетных направлений в США, где стоимость произведенной энергии на ветроустановках в 2006 г. составила 3 цента за 1 кВт ч планируется эту цену снизить до 2,5 центов. В США в рамках развития ветроэнергетики разрабатывается проект Statelife Wind Project, станция находится на границе между штатами Орегон и Вашингтон. К 2010 г. США планируют довести суммарную мощность своих ВЭС до 16 ГВт, а к 2020 г. увеличить долю использования энергии ветра в национальном энергетическом балансе до 24 %.

В Беларуси работы по оценке ветроэнергетического потенциала выполнены Госкомитетом по гидрометеорологии совместно с НПП Ветроаши и РУН «Белэнергосервис». Исследованиями по 244 контрольным точкам (включая 54 метеостанции и 190 контрольных пунктов) на территории Республики Беларусь ветроэнергетический потенциал страны оценен в 220 млрд. кВт ч. Определен ветроэнергетический ресурс областей и каждого района. На территории Беларуси выявлено 1840 площадок, пригодных для размещения ветроустановок с теоретически возможным энергетическим потенциалом 1600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 6,5 млрд. кВт ч.

Часто экологичными предъявляются претензии, что ветроустановка на вершине холма является большим вторжением в ландшафт и поэтому нужно выбирать места, расположенные в низине. Но в пределах понижений рельефа скорость ветра ограничена и монтаж на них ветроустановок не эффективен. В настоящее время проведены расчеты по определению технических ветроэнергоресурсов Беларуси на высотах 10, 40, 50 и 70 м над поверхностью земли. Для этого территория республики была разделена на 4 ветровые зоны (менее 3,5 м/с, 3,5-4,0 м/с, 4,0-4,5 м/с, более 4,5 м/с) и 5 регионов с расположением их по высоте над уровнем моря: 100-150 м, 150-200 м, 200-250 м, 250-300 м, 300-350 м. Это позволило определить ветроэнергетический потенциал республики с учетом особенностей рельефа применительно к высоте 50 м над поверхностью земли в местах предполагаемого размещения ВЭУ.

По причине небольших среднегодовых скоростей ветра в настоящее время перспективным следует считать использование автономных ветроэнергетических и ветронасосных установок малой мощности, в основном в сельскохозяйственном секторе. Должны найти применение ВЭУ в диапазоне 100-150 кВт, хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации в странах со сходными с Беларусью условиями. При выборе конкретных образцов ВЭУ необходимо дополнительно учитывать абсолютную высоту местности, высоту возвышения площадок и их открытость, удаленность предполагаемого места размещения ВЭУ от потребителя.

Беларусь может покрыть до 50 % потребности в энергии, используя только 10 % пригодной под ветроэнергетику территории. На этой территории выявлено, как уже упоминалось, 1840 площадок, на которых могут быть размещены ВЭУ, широко используемые в мировой ветроэнергетике. Выявленные площадки - это в основном ряды холмов высотой от 20 до 80 м, где фоновая скорость ветра может достичь 5-8 м/с и на каждой из них можно разместить от 3 до 20 ВЭУ с номинальной рабочей скоростью ветра 12-15 м/с.

Срок окупаемости ветротехники сопоставим с окупаемостью малых гидростанций, парогазовых и газомазутных электростанций и значительно ниже угольных, атомных и дизельных. По завершению срока окупаемости эксплуатационные затраты ВЭУ неизмеримо ниже электростанций, работающих на источниках жидкого, газообразного, твердого и ядерного топлива, так как не нуждаются в поставках ископаемых источников энергии.

Наиболее эффективно использовать ветротехнику на территории возвышенных районов большей части севера и северо-запада Беларуси, центральных районов Минской области, в пределах Витебской возвышенности. Гарантированная выработка утилизируемой энергии ветра на 7% территории составит 20,5 млрд. кВт ч. Использование же зон с повышенной активностью ветра гарантирует выработку-энергии ВЭУ до 6,5-7,5 млрд. кВт ч с окупаемостью затрат в течение 5-7 лет.

В Беларуси имеется определенный опыт использования зарубежной ветротехники. На протяжении многих лет успешно работают ветроэнергетические установки мощностью 270 кВт и 660 кВт в п. Дружный на берегу оз. Нарочь и в г. Городок Витебской области).

Использование энергии солнца.

Солнце является основным поставщиком энергии на нашей планете. Год за годом оно поставляет с высокой надежностью солнечное излучение, превышающее нынешнее мировое потребление энергии в 7 тысяч раз, 70 % этого излучения приходится на океаны. В пустыне Сахара ежегодно на квадрат размерами 200 км на 200 км приходится столько энергии, сколько в настоящее время используется во всем мире. Если бы солнечное излучение в Сахаре использовалось на 10%, то на площади приблизительно 700 км на 700 км можно

было бы производить нынешнюю мировую потребность в энергии. На географической широте Беларуси солнечное излучение меньше, чем в Сахаре: в республике в год излучается до 1200 кВт·ч на 1 м². Это соответствует количеству энергии, содержащемуся в 60 литрах нефти. В целом, ежегодное солнечное излучение на всей территории Беларуси составляет такое количество энергии, которое превышает в 20 раз существующую потребность в газе для выработки энергии.

Преимуществам солнечной энергии противопоставляется как важный недостаток малая плотность энергии. При полном солнечном излучении мощность составляет 1000 Вт на квадратный метр, однако среднегодовая составляет только 100 Вт/м². Исходя из этого, гелиоустановки требуют больших площадей. Это, однако, не является препятствием для широкого использования гелиотехники. Так в ФРГ, к примеру, в распоряжение солнечных систем предоставлены около 3500 км² поверхностей крыш.

Другие площади, которые могут быть использованы - это фасады и технические постройки (мосты, шумопоглощающие стены). По метеорологическим данным, в Беларуси в среднем 250 дней в году пасмурных, 185 дней с переменной облачностью и 30 ясных, а среднегодовое поступление солнечной энергии на земную поверхность с учетом ночей и облачности составляет 240 кал на 1 см² за сутки, что эквивалентно 2,8 кВт·ч/м². Согласно многолетним наблюдениям максимально возможное количество солнечных часов в году на широте Минска составляет 4464 ч, а фактическое - 1815 ч.

Солнечные термические установки

Солнечные термические установки используют для получения горячей воды и обогрева помещений. Принцип их работы относительно прост. Попадающее на коллектор солнечное излучение нагревает находящуюся в коллекторе смесь из воды и антифриза. С помощью насоса подогретая жидкость поступает в накопитель. Через теплообменник солнечное тепло от жидкости в коллекторе передается воде. Охлажденная жидкость снова поступает в коллектор. Обычный отопительный котел обеспечивает необходимое количество тепла для подогрева воды и обогрева помещения. Годовая потребность в горячей воде семей, проживающих в Северном полушарии, может быть на 60-70 % обеспечена за счет бесплатной солнечной энергии с помощью термических установок современного поколения. Установка будет подогревать воду с начала апреля по середины октября. Установка будет работать также в зимние месяцы при солнечной погоде.

В районах с холодным климатом необходимо обеспечивать отопление жилых зданий и горячее водоснабжение. В промышленности также требуется большое количество горячей воды. В связи с этим, в некоторых странах, особенно в Австралии, Израиле, США, Японии, активно расширяется производство солнечных нагревательных систем. Энергия Солнца используется в нагревателях воды, воздуха, солнечных

дистилляторах, зерносушилках, солнечных башнях (солнечные энергетические установки башенного типа). Основным элементом солнечной нагревательной системы является приемник, в котором происходят поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости. Если солнечный свет попадает на темный предмет, то тот нагревается. Этот общеизвестный эффект является основой термического использования солнечной энергии. В солнечном коллекторе эффективно используется превращение солнечного излучения в полезную тепловую энергию. Возникающее тепло подогревает жидкость, которая течет через встроенные в пластину трубы, а затем отводится, например, для подогрева.

Термическая гелиоустановка для подогрева технической воды заменяет не только использование обычных видов топлива благодаря солнечной энергии, но и снижает при этом пропорционально выброс вредных веществ в атмосферу.

Общий потенциал солнечной энергии в Республике Беларусь оценивается в $2,7 \times 10^6$ млн т у.т. в год; технически возможный составляет $0,6 \times 10^6$ млн т у.т. в год.

В республике разработаны и подготовлены к серийному производству гелиоводонагреватели со сварными полиэтиленовыми коллекторами. Это позволяет отказаться от применения дорогостоящих и тяжелых металлических труб для солнечных коллекторов, делает их производство более технологичным. При благоприятных экономических и производственных условиях можно рассчитывать на самое широкое использование гелиоводонагревателей в южных районах республики. Целесообразно также развивать автономные источники питания мощностью от нескольких до 3-5 Вт (бытовая аппаратура, освещение, энергообеспечение жилого дома, линий связи и т. д.) и модульные фотоэлектрические установки для сельскохозяйственных потребителей мощностью 0,5 и 1 кВт на элементах нового поколения.

Возможности использования биомассы

В сельском и лесном хозяйстве издавна используется солнечная энергия в большом объеме. На больших площадях выращиваются растения, которые накапливают энергию солнечного света и, в конечном счете, запасают ее в химической форме (биомассе). Когда растения поедаются животными, то биомасса преобразуется в побочный продукт в форме навозной жижи и твердого навоза. В общей сложности в этом аспекте следует различить три вида биомассы:

- влажная биомасса (в особенности навоз, а также скошенная зеленая масса) может через ферментацию (брожение) без доступа воздуха производить биогаз, который служит для выработки электрического тока или тепловой энергии;

- сухая биомасса (дерево и солома), пригодная для сжигания и тем самым для выработки электрического тока и тепловой энергии;

- специальные энергетические растения (рапс, китайский камыш, тополя и т. д.) могут поставлять дополнительную биомассу, которую можно использовать как горючее или для производства горючего.

Основным возобновляемым источником энергии во многих странах мира является биомасса, т. е. древесно-растительная масса. В общем объеме энергоносителей биомасса занимает около 60 % в ряде стран Африки, 40 % - в азиатских странах, 30 % - в странах Латинской Америки. В США, Дании, Швеции мощность отдельных установок по переработке биомассы достигает 400 кВт.

Использование древесины в энергетике.

Беларусь обладает значительными лесными ресурсами. Общая площадь лесного фонда на 1 января 2006 г. составила около 10 млн. га, запас древесины 1,34 млрд. м³. Ежегодный текущий прирост оставляет 32,37 млн.м³. Годовой объем использования дров, отходов лесопиления и деревообработки в качестве котельно-печного топлива в 2006 г. составил около 1,8 млн. т у. т., расход древесного топлива для производства электрической и тепловой энергии стационарными электрогенерирующими установками составляет около 700 тыс. т.у.т. в год.

Использование древесины в энергетике сделало в последние годы заметный шаг вперед, как по качеству (значительно снизились выбросы вредных материалов благодаря улучшенной технологии сжигания), так и по количеству (быстрое строительство новых теплоэлектростанций на древесине).

Такие страны как Австрия, Швеция и Швейцария занимают здесь передовые позиции. Сегодня теплоустановки для отдельных домов предлагаются для целых регионов. Эти установки имеют мощность от 1 до 100 кВт. Лучшие шансы на рынке сбыта при использовании древесины в энергетике имеют печи и котлы для древесного окатыша, а также отопительные системы местного значения, работающие на пеллетах. Древесные окатыши - это спрессованные в мелкие стержни стружки, которые могут быть автоматически подведены к горелке, благодаря чему исключается необходимость постоянного подкладывания поленьев.

Для производства биомассы в целях энергетического использования могут представлять интерес различные культуры, в особенности так называемые лигноцеллюлозные культуры, которые имеют в составе высокую долю энергетическо-химических соединений лигнина и целлюлозы. Сюда относятся как деревья (например, тополь, ива), так и травы (например, кормовые растения, зерновые и субтропические травы). Основа биомассы - органические соединения углерода, которые в процессе соединения с кислородом при сгорании выделяют тепло.

Возможности республики по использованию древесины в качестве топлива на настоящем этапе оцениваются на уровне 3,5-3,7 млн. т у.т. в год, а потенциал в целом составляет около 6,5 млн. т у.т. К этой категории топлива

можно отнести и древесные отходы гидролизных заводов - лигнин, запасы которого составляют около 1 млн. т у.т., целесообразный объем использования оценивается в 50 тыс. т у.т. в год.

Для получения жидкого и газообразного топлива можно применять фитомассу быстрорастущих растений и деревьев. В климатических условиях республики с 1 га энергетических плантаций возможен сбор массы растений в количестве до 10 т сухого вещества, что эквивалентно примерно 4 т у.т. При дополнительных агроприемах продуктивность гектара может быть повышена в 2-3 раза.

Наиболее целесообразно применение для получения сырья неиспользуемых земель и площадей выработанных торфяных месторождений, где отсутствуют условия для произрастания сельскохозяйственных культур. Площадь таких месторождений в республике составляет около 180 тыс. га и может быть экологически чистым источником энергетического сырья.

Для нашей страны перспективным является также использование в качестве энергоносителя рапсового масла. Перспективным представляется выращивание рапса на загрязненных после Чернобыльской катастрофы территориях, так как семена рапса не накапливают радиацию.

Использование отходов растениеводства в качестве топлива в республике является принципиально новым направлением энергосбережения. Общий потенциал растениеводства оценивается до 1,46 млн. т у.т. в год. По экспертным оценкам, к 2012 г. за счет рапсового масла может быть получено 70-80 тыс. т у. т.

Площади сельскохозяйственных угодий, возделываемые под рапсом, растут, чистый объем производства составил в 2006 г. уже 1,5 млн. т.

Энергия из отходов.

В мировой практике получение энергии из коммунальных отходов осуществляется несколькими способами: сжиганием, активной и пассивной газификацией. Наиболее перспективна газификация, т.к. в случае прямого сжигания возникают экологические проблемы.

В Беларуси ежегодно накапливается около 2,4 млн. т твердых бытовых отходов, которые направляются на полигоны складирования и два мусороперерабатывающих завода (Минский и Могилевский).

Потенциальная энергия, заключенная в твердых бытовых отходах, образующихся на территории страны, равноценна 470 тыс. т у.т. При их биопереработке с целью получения газа эффективность составит 20-25 %, что эквивалентно 100-120 тыс. т у. т. Кроме того, необходимо учитывать многолетние запасы ТБО, которые имеются во всех крупных городах.

Только по областным городам переработка ежегодных коммунальных отходов в газ позволила бы получить биогаза около 50 тыс. т у.т., а по г. Минску - до 30 тыс. т у.т. Эффективность этого направления следует оценивать не

только по выходу биогаза, но и по экологической составляющей, которая в данной проблеме будет основной.

Использование биогаза

В республике построены сотни крупных животноводческих комплексов, на базе которых ежегодно образуются миллионы тонн отходов. Эти отходы практически без предварительной обработки сбрасываются на поля как удобрения.

Однако, помимо пользы, они одновременно наносят значительный экологический ущерб. Размываясь снеговыми и ливневыми водами, навоз с полей, а также не обезвреженные воды предприятий животноводства, в особенности свиноводческих ферм, попадают в водоемы. Такие сточные воды содержат большое количество биогенных элементов, среди которых находятся фосфор и азот, способствующие массовому развитию водорослей.

Биогазовые установки в Германии используются преимущественно на сельскохозяйственных предприятиях. Навоз и фекалии домашних животных доставляются сначала в выгребную яму, в которой твердые куски (составные части) измельчаются для того, чтобы появилась гомогенная смесь. Эта масса на втором этапе накачивается в герметически изолированный и подогреваемый бродильный резервуар (ферментер), в котором анаэробные бактерии разлагают без доступа воздуха органические субстанции и производят газ.

Биогаз содержит около 65 % углекислого газа. Его энергетическая мощность от 6,0 до 6,5 кВт ч на 1 м³ (для сравнения у природного газа - около 9,8 кВт ч на 1 м³). Опыты показывают, что твердый и полужидкий навоз одной большой единицы крупного рогатого скота (~ 500 кг весом) производит в день от 1,0 до 1,5 м³ биогаза.

Предприятие, имеющее 120 коров, может получать в день приблизительно до 100 м³ биогаза, что за год соответствует энергии приблизительно 23000 литров нефти. Биоустановка может быть экономичной, если перерабатывается навоз более чем 100 голов крупного рогатого скота.

Биоустановки используются не только из-за энергетической выгоды, они дают в итоге специальные преимущества для сельского хозяйства. Так, благодаря брожению, качество органических удобрений улучшается, и они лучше усваиваются растениями. Возрастающее значение приобретает также использование биологических отходов и домашних сточных вод, особенно жирных и содержащих масло (например, жир из фритюрницы). Внесение их в биоустановку решает не только проблему захоронения, но и ^значительно повышает тем самым выход биогаза.

Биогаз, замещая традиционные виды топлива, сокращает объем использования последних на существующих электростанциях и котельных и тем самым улучшает экологическую обстановку.

В настоящее время биогазовые установки, перерабатывающие в основном отходы животноводческих ферм, получили широкое распространение в таких

странах, как ФРГ, Франция, Италия, Швейцария, Бельгия, Швеция, в каждой из которых эксплуатируется примерно 100 установок такого типа.

Принципиально новым направлением может быть использование биогазовых установок на канализационных станциях крупных населенных пунктов, что дает возможность на 60-70 % сократить собственные нужды этих станций в энергоносителях.

Оценки свидетельствуют, что годовая потребность в биогазе для обогрева жилого дома составляет около 45 м³ на 1 м² жилой площади, суточное потребление при подогреве воды для 100 голов КРС - 5-6 м³.

Возможности использования в энергетических целях торфа.

В последние годы в Беларуси ежегодно используется 7-11 млн. т торфа для нужд сельского хозяйства и 3,5-5 млн. т - для производства торфобрикетов, предназначенных отопления 44 тыс. коммунально-бытовых предприятий и 1,7 млн. индивидуальных домовладений. Потребности населения и коммунально-бытовых предприятий в твердом топливе удовлетворяются за счет торфа только на 30%, поэтому в Энергетической программе Республики Беларусь до 2010г. не предусмотрен возврат к его использованию в большой энергетике.

Однако неперспективность использования торфа в качестве топлива обусловлена, прежде всего, экологическими соображениями. В настоящее время более 50 % площади торфяных месторождений вовлечены в хозяйственную деятельность, что вызывает интенсивные процессы минерализации почвы, ветровой и водной эрозии. Поэтому правительство Республики Беларусь приняло в 1991 г. решение об увеличении почти вдвое охраняемого торфяного фонда, который в будущем должен охватить 30 % торфяных месторождений.

Учитывая имеющиеся ресурсы торфа и то, что торфяные брикеты - дешевый вид топлива, можно говорить о возможности поддержания их производства. В связи с истощением запасов на действующих брикетных заводах в ближайшей перспективе ожидается снижение объема выпуска топливных брикетов. По этой причине возможно увеличение производства бытового топлива за счет добычи более дешевого кускового торфа (в 2 раза), а также за счет строительства мобильных заводов мощностью 5-10 тыс. т. Объемы добычи кускового торфа могут быть доведены до 300-400 тыс. т в ближайшие 3 года, в дальнейшем - до 800-900 тыс. т, что позволит значительно снизить напряженность в энергообеспечении населения.

Возможности использования геотермальной энергии

В глубине недр планеты накоплены такие количества энергии, которые трудно представить. Температура при возрастании глубины постоянно растет, в Центральной Европе это приблизительно около 3 градусов на 100 м глубины.

На глубине от 1000 до 2500 м во многих местах находится вода с температурой до 100 °С. Эти естественные запасы горячей воды можно

использовать в большом объеме. Для этого в отверстие пробуренной скважины опускается двойная U-образная труба для циркуляции воды, из термального слоя воды производится забор из скважины горячей воды, которая через теплообменник, расположенный на поверхности, отдает в систему отопления свое тепло, тем самым обеспечивая отопление дома. Охлажденная вода содержит еще достаточно тепла, чтобы ее использовать в системе топливного насоса. При этом вода охлаждается еще больше, так как топливный насос теплом, извлеченным из воды, поднимает температуру на более высокий уровень. Далее вода опять под давлением подается в подземный слой. Добытое тепло подается в топливные сети местного и централизованного теплоснабжения.

В бывшей ГДР уже в середине 80-х годов эксплуатировались три геотермические теплоцентрали в городах Варен, Пренцлау и Бранденбург. В Баварии первые геотермические теплоцентрали были введены в строй в городах Штраунбинг, Ердинг и Симбак-Браукау. В г. Штраунбинг геотермический проект поставляет тепла из недр земли в количестве 21600 МВт·ч в год, что соответствует потребности в тепле для 4000 домов средней площадью в 100 м².

В Республике Беларусь обнаружены две территории в Гомельской и Брестской областях с запасами геотермальных вод с температурой 50 °С на глубине 1,4-1,8 км и 90-100 °С на глубине 3,8-4,2 км.

Однако, высокая минерализация, низкая производительность имеющихся скважин, их малое количество и, в целом, слабая изученность ситуации, не позволяют рассчитывать на освоение этого вида возобновляемой энергии в ближайшие 15-20 лет.

Применение тепловых насосов.

Превращение низкопотенциальной тепловой энергии окружающей среды (воды, грунта, воздуха), а также тепловых отходов промышленных предприятий и коммунальных служб в тепловую энергию требуемого потенциала нашли широкое применение в теплонасосных установках (ТНУ).

Тепловые насосы достаточно давно и широко применяются для целей отопления, вентиляции, кондиционирования и горячего водоснабжения в мире. Тепловой насос представляет собой устройство, позволяющее аккумулировать тепло низкопотенциальных источников тепла, использующее эффект фазового перехода жидкости в пар при низких температурах (фреоны, кипящие в диапазоне температур: -9-30°С).

Большая часть уже установленных устройств использует в качестве такой низкопотенциальной энергии воздух. Однако, растет интерес к системам, в которых тепло отбирается от грунта, грунтовых или поверхностных вод. На сегодняшний день грунтовой (геотермальный) тепловой насос (ГТН) является одной из наиболее эффективных энергосберегающих систем отопления и кондиционирования. Такие тепловые насосы уже получили широкое распространение в США, Канаде странах Европейского Сообщества.

По существу тепловыми насосами является большинство широко распространенных холодильных машин, в том числе бытовых холодильников, так как они по тому же принципу отнимают теплоту от охлаждаемого объекта и при более высокой температуре отдают ее окружающей среде. Тепловые насосы в сравнении с холодильными машинами работают в диапазоне более высоких рабочих температур. Это, однако, не мешает использовать в тепловых насосах и холодильных машинах одни и те же элементы (компрессоры, теплообменные аппараты и т. д.), а также одни и те же или родственные рабочие вещества (с температурой кипения от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ при атмосферном давлении).

Областями применения тепловых насосов является жилищно-коммунальный комплекс, промышленные предприятия, сельское хозяйство и др. В мировой практике в жилищно-коммунальном комплексе ТНУ находят наибольшее применение преимущественно для отопления и горячего водоснабжения.

Для автономного теплоснабжения коттеджей, отдельных домов (в том числе школ, больниц и т.п.), городских районов, населенных пунктов применяются преимущественно ГТН с тепловой мощностью 10-30 кВт в единице оборудования (коттеджи, отдельные дома) и до 5,0 МВт (для районов и населенных пунктов).

Источниками низкотемпературного потенциала чаще всего являются грунтовые воды, грунт, водопроводная вода, теплота канализационных стоков. На промышленных предприятиях ТНУ находят применение для утилизации теплоты водооборотных систем, теплоты вентиляционных выбросов, теплоты сбросных вод. На предприятиях, имеющих котельные, теплота от ТН используется для подогрева подпиточной воды для котлов и собственных тепловых сетей.

Многие промышленные предприятия одновременно нуждаются в искусственном холоде. Так, на заводах искусственного волокна, в основных производственных цехах используется технологическое кондиционирование воздуха (поддержание температуры и влажности).

Комбинированные теплонаносные системы «тепловой насос - холодильная машина», одновременно вырабатывающие теплоту и холод, наиболее экономичны. Особенные требования курортно-оздоровительных и спортивных комплексов к чистоте воздушного бассейна предполагают использование экологически чистых источников энергии, поскольку в таких местах в основном применяются децентрализованные системы теплоснабжения с применением мелких котельных на органическом топливе (обычно на мазуте).

Альтернативное углеродсодержащее топливо.

В связи с постепенным истощением запасов нефти и угля, а также усилением загрязнения среды обитания вредными продуктами сгорания развернуты работы по поиску и применению *альтернативного топлива*.

Альтернативное топливо получают в основном из сырья нефтяного происхождения и применяют в целях сокращения потребления нефти и традиционных нефтепродуктов, например, бензина. Основными видами такого топлива являются: 1) сжиженные и компримированные горючие газы; 2) спирты, продукты их переработки и смеси с бензином; 3) топливные смеси; 4) искусственное жидкое топливо; 5) водород.

Сжиженные и компримированные горючие газы — это прежде всего углеводородные газы C_3 и C_4 (пропан-бутановые фракции, которые получают переработкой нефтяных попутных и природных газов), а также метан — продукт газификации твердых топлив.

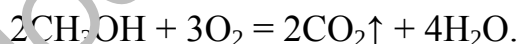
К достоинствам указанных газов следует отнести высокую теплоту сгорания, относительную экологическую безвредность продуктов сгорания. К недостаткам — необходимость применения специального оборудования для сжатия, сжижения, хранения топлива, распределения и транспортирования.

Спирты, продукты их переработки. Ныне перспективными видами топлива, особенно автомобильного, признаются низшие спирты: метанол CH_3OH и этанол C_2H_5OH . Благодаря высоким октановым числам и небольшому загрязнению природной среды образующимися выхлопными газами они могут использоваться как автомобильное топливо непосредственно или в смесях с бензином.

Метанол или метиловый спирт, получают в больших количествах в результате взаимодействия оксида углерода (II) и водорода при высоких давлениях (20—30 МПа) и температуре (400°C) в присутствии гетерогенного катализатора, содержащего около 90% ZnO и 10% Cr_2O_3 :



Метанол можно получать и при сухой перегонке дерева, поэтому его называют иногда древесным спиртом. Реакция горения метанола:



сопровождается выделением относительно большого количества тепла.

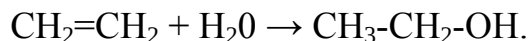
Недостатком метанола является то, что он токсичен: прием внутрь даже небольших доз вызывает слепоту, а больших — смерть.

Этиловый спирт или этанол C_2H_5OH получают из различных сахаристых веществ, например, виноградного сахара (глюкозы). Глюкоза $C_6H_{12}O_6$ в результате «брожения», вызываемого действием ферментов (энзимов), вырабатываемых дрожжевыми грибами, превращается в этиловый спирт:



В настоящее время осахариванию подвергают целлюлозу (клетчатку), образующую основную массу древесины. С этой целью ее гидролизуют в присутствии кислот. Например, древесные опилки при 150—170°C обрабатывают 0,1—5%-ной серной кислотой под давлением 0,7—1,5 МПа. Полученный в данном процессе полупродукт содержит глюкозу, которая в дальнейшем сбраживается на спирт при помощи дрожжей (гидролизный спирт). Указанный метод производства

спирта позволяет экономить большое количество пищевых продуктов: из 5500 т сухих опилок (ежегодные отходы среднего по производительности лесопильного завода) можно получить 790 т спирта, что дает возможность сохранить около 3 тыс. т зерна или 10 тыс. т картофеля. Этиловый спирт может быть получен синтетическим путем из этилена (в присутствии катализатора):



Таким образом, метанол и этанол являются весьма перспективными топливами, поскольку для их производства имеется широкая сырьевая база. В частности, в ряде стран Южной Америки этанол постепенно вытесняет бензин как автомобильное топливо.

Спирто-бензиновые смеси. С целью повышения детонационной стойкости топлива, а значит и мощности ДВС применяют гомогенные (однородные) смеси метанола или этанола с бензином (3—15% спирта). Основная проблема в их использовании состоит в предотвращении расслаивания компонентов смеси при пониженных температурах.

Топливные смеси. Для транспортных дизельных двигателей применяют водно-топливные эмульсии, которые состоят на 80—85% из дизельного топлива, остальное — вода. Взамен жидкого котельного топлива (мазута) или угля (например, на тепловых электростанциях) применяют метанольно-угольные, углемасляные, водно-угольные, водно-углемазутные и другие смеси. Указанные смеси имеют ряд несомненных достоинств: они легко воспламеняются и обладают высокой теплотой сгорания, относительно легко перекачиваются по трубопроводам и хорошо распыляются топочными форсунками.

Искусственное жидкое топливо. Получают переработкой, например, гидрогенизацией твердых горючих ископаемых - угля, сланцев, торфа. Гидрогенизация угля - это превращение высокомолекулярных веществ органической массы угля под действием водорода в жидкие и газообразные продукты при 400—500°C в присутствии различных веществ (органических растворителей, катализаторов и т. д.).

Для гидрогенизации применяют неокисленные бурые и каменные угли, в которых содержание минеральной части не должно превышать 5-6 %, отношение C : H - 16, выход летучих веществ - более 35%. В результате гидрогенизации из угля и каменноугольных смол получают бензин, дизельное топливо, парафины, смазочные масла и т. п.

Элементарный состав жидких продуктов гидрогенизации бурого угля (в%): C - 86,48; H - 11,43; S - 0,62; N - 0,22; O - 1,25. Легко видеть, что соотношение C : H достигает 8, что связано с выделением водорода под давлением в процессе гидрогенизации.

Проблема вовлечения твердого топлива, главным образом угля, в переработку для получения жидких продуктов становится ныне весьма актуальной. Это связано с тем, что при существующих масштабах мирового потребления нефти (более 4 млрд т/год) запасы ее, пригодные для добычи экономичными методами, будут истощены уже в первой половине XXI в.

Обращает на себя внимание, что в США неуклонно возрастает доля угля (12,5% в 1970 г.), падает нефти (с 45%), заметно снижается доля газа (с 35,6% в 1970 г.). В России же иная тенденция: несмотря на большие запасы угля (крупнейшие в мире) произошло (за этот же срок) снижение его доли с 40 до 16%. Доля газа повысилась с 22 до 46%, нефти - также несколько увеличилась. Таким образом, в России быстрее выгорают те виды энергоресурсов, запасы которых истощатся быстрее.

Приоритеты в развитии автономной и возобновляемой энергетики.

В условиях Республики Беларусь достаточно эффективным может быть использование различных видов возобновляемых источников энергии, на базе которых могут быть созданы различные энергетические установки, в частности:

- на территории имеются открытые для ветра возвышенности, что позволяет использовать ветроэнергетические установки различных типов;
- наличие достаточного количества лесохозяйственных угодий или право использования для хозяйственных нужд лесосек позволяет обеспечить производство древесного биотоплива;
- наличие ферм крупного рогатого скота численностью до 1000 голов, свиноводческих комплексов с поголовьем до 1500 тыс. голов или птицефабрик, а также отходов предприятий по переработке сырья позволяет создать биоэнергетические установки для производства эффективных органических удобрений и биогаза;
- наличие относительно большого водного массива позволяет осуществить отопление некоторых помещений с помощью теплонаносных установок в сочетании с солнечной водонагревательной установкой;
- расширение использования древесного биосырья в качестве источника топлива;
- активное внедрение в производство биогазовых установок и тепловых насосов производства Российской Федерации;
- создание законодательной и нормативно-правовой базы, для стимулирования и развития возобновляемых источников энергии (по примеру Германии) а также необходимой инфраструктуры в части обеспечения эксплуатации и сервисного обслуживания.

ГЛАВА 11 ГДЕ В БЕЛАРУСИ ЖИТЬ ХОРОШО?

Из которой мы узнаем, можно ли выжить на необитаемом острове, о проблемах важных и не очень, что такое приоритетные экологические проблемы, чем обернулась мелиорация Полесья, и где в Беларуси жить хорошо.

Экологическая ситуация в Беларуси напрямую зависит от последствий функционирования народнохозяйственного комплекса страны, внешних источников

воздействия, наличия изначально присущих природной среде неблагоприятных для человека состояний, а также не решенных в прошлом проблем. Масштабы воздействия и величины вызываемых негативных экологических последствий на территории страны определяет совокупность приоритетных экологических проблем, среди которых загрязнение окружающей природной среды, истощение природно-ресурсного потенциала, большой риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

Рассмотрим проблемы, связанные с загрязнением природной среды. К ним относятся изменение климата, радиоактивное загрязнение территории, загрязнение атмосферного воздуха городов, подземных и поверхностных вод, накопление отходов производства и потребления и т.д.

Одна из угроз экологической безопасности Беларуси связана с *изменениями климата*.

Среднегодовая температура за последние 120 лет повысилась на 1° С. Изменения климата оказывают огромное влияние на здоровье населения, сельское, лесное и водное хозяйства страны, строительство, транспорт и т.д.

Климатические условия с 1984 по 1996 гг. на фоне высокого уровня агротехники благоприятствовали росту урожайности. Урожайность озимой ржи и ярового ячменя в большинстве областей превышала 30 ц/га и более.

В ряде последних лет страна выходила на уровень минимальной продовольственной безопасности (5500-7500 тыс. т), а в другие годы производство зерна составляло около 50 % этого уровня. Стоимость климатической составляющей в изменении сборов зерна доходит до 120 млн. долл. США. Если исходить из современных сценариев изменения климата, связанного с ростом «парниковых» газов и аэрозолей в атмосфере, то предположительный климат будущего в Беларуси будет сходен с современным климатом лесостепной зоны Украины.

К середине XXI в. температура может увеличиться на 1°С, а к концу столетия - на 2° С. Некоторые экосистемы не успевают приспосабливаться к быстро изменяющимся климатическим погодным условиям. В результате отдельные виды могут исчезнуть совсем, что, естественно, приведет к сокращению биологического разнообразия; крупномасштабное изменение климата в конечном счете может разрушить систему международной экологической безопасности.

За последние 15 лет (1992-2007 гг.) только в 1998 и 2000 гг. в каком-либо из районов Беларуси не отмечалось засух. Особенно крупномасштабными были засухи в 1992 и 2002 гг.

В период активной мелиорации и в последующие годы (1965-1995 гг.) произошло существенное увеличение числа заморозков в различные месяцы года. Даже в июне заморозки на поверхности торфяников наблюдаются каждые 2-3 года, в то время как на минеральных почвах они регистрируются на юге в среднем раз в 20-50 лет, а на севере - раз в 10 лет. Возможны заморозки на торфяниках и в июле - раз в 10 лет.

Средняя продолжительность безморозного периода над осушенными торфяниками на 15-20 дней меньше, чем над минеральными почвами юга республики, и в среднем на 5 дней меньше, чем на севере республики.

Рост осадков в северной части Беларуси отмечается зимой и в начале весны, а также в большую часть летнего сезона (июнь, июль).

Повышение среднегодовой температуры на 1°C (в течение всего периода) приводит к увеличению вегетационного периода на 10 дней и суммы температур на 200°C , что соответствует сдвигу по широте (к северу) более южных климатических условий на 150-200 км. Тем самым изменится климатическая (природная) зональность страны, произойдет существенное удлинение вегетационного периода. Однако сохраняется опасность поздневесенних (майских) и ранневесенних заморозков.

Увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода открывает следующие возможности:

- использование более урожайных позднеспелых сортов зерновых культур и овощей;
- сдвиг сроков сева яровых культур на более раннее время. Это позволит более эффективно использовать запасы влаги в почве после весеннего снеготаяния, приведет к более раннему созреванию урожая, что увеличит возможности земледелия;
- продвижение на север зон выращивания теплолюбивых овощных культур (огурцов, томатов);
- расширение площадей возделывания ярового рапса, кукурузы и проса.

Потепление климата скажется на условиях водопользования в сельском хозяйстве. Оно приведет к ухудшению условий увлажнения почв и увеличению испаряемости. На мелиорированных землях это повлечет за собой снижение водорегулирующего эффекта оросительной мелиорации, для водообеспечения оросительных и осушительно-увлажнительных систем будут необходимы мероприятия по регулированию стока, подаче воды извне, повторному использованию дренажных вод.

С изменением климата тесно связаны проблемы энергетических ресурсов, особенно возобновляемых источников энергии. Установлено, что уменьшение скорости ветра на 15-20 % за последние 20-25 лет снижает возможности использования ветроэнергии.

Расчет изменения речного стока и испарения для разных сценариев изменения температуры и осадков показал, что речной сток может уменьшиться от 10 до 45 % (июль).

Прогнозируемое потепление вызовет очередную негативную реакцию как водных экосистем в целом, так и отдельных их частей, что особенно скажется на поймах рек - наиболее чувствительных ландшафтах. При росте «термической нагрузки» на реки и водоемы можно ожидать ускорения процессов эвтрофирования. Потепление по-разному скажется на рыбных запасах в

зависимости от того, на каких глубинах обитают рыбы. Наибольшие изменения могут ожидать в мелководных озерах.

При снижении уровней воды в реках и озерах произойдет увеличение концентраций цезия-137 и стронция-90 в поверхностных водных источниках бассейнов Днепра и Припяти.

Анализ влияния изменения климата на энергетику показал, что отопительный период уже сократился на 6-9 дней в основном в связи с более ранним его окончанием. На $1-1.5^{\circ}\text{C}$ увеличилась средняя температура отопительного периода. При повышении среднегодовой температуры воздуха на 0.5°C отопительный период уменьшается на 6 суток и на 36 суток при повышении на 3°C .

Радиоактивное загрязнение территории. Основной проблемой как по масштабам распространения, так и по затратам на ее решение является проблема радиоактивного загрязнения территории республики. Зона загрязнения цезием-137 на начало 2007 г. охватывала 18% от общей площади страны. Данному загрязнению подверглось 14,9% сельскохозяйственных угодий и 21,8% лесных земель.

С течением времени в силу естественного распада радиоактивных элементов зона радиоактивного загрязнения уменьшилась. Так, за период с 1986 по 2006 г. ее площадь сократилась на 19%. К 2020 г. она уменьшится по сравнению с первоначальным состоянием в 1,8 раза и составит 14% площади страны. Однако данный уровень также следует рассматривать как весьма значительный. Поэтому, несмотря на уменьшение площади радиоактивного загрязнения, масштабы данной проблемы остаются достаточными для того, чтобы оценивать ее как основную для Беларуси на далекую перспективу.

Параллельно с положительным процессом сокращения площади радиоактивного загрязнения в целом в отдельных частях отчужденной загрязненной территории наблюдается негативное явление – повышение активности трансуранового элемента америция-241, которое продолжится до 2060 г.

Загрязнение атмосферного воздуха. Тенденция к сокращению объема выбросов загрязняющих веществ, которая наблюдалась в предыдущее десятилетие, с 2002 г. сменилась последовательным увеличением данного объема. В соответствии с этим происходил и рост количества городов с повышенными и высокими уровнями загрязнения атмосферного воздуха. Если в 2001 г. в стране насчитывалось 5 таких городов, то в 2002-2003 гг. – 7, в 2004-2006 гг. – 10.

Наиболее острой указанная проблема была в г. Гомеле и Речице, где последние три года загрязнение атмосферного воздуха оценивалось не просто как повышенное, а как высокое.

Еще в 7 городах повышенный уровень загрязнения за период с 2001 по 2006 г. фиксировался чаще, нежели низкий. В их число вошли областные центры – Витебск, и Брест, а также промышленные центры – Новополоцк, Полоцк, Орша, Светлогорск. Средние значения индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для этих городов, за исключением Бреста, также определяются как повышенные.

Только в 3 городах – Минске, Могилеве, Солигорске загрязнение атмосферного воздуха на протяжении всего пятилетия оставалось низким. Наименьшее среднее значение ИЗА выявлено в г. Минске.

Слабая степень загрязнения атмосферного воздуха соответствует фоновым уровням заболеваемости, а уровень канцерогенного риска составляет 10^{-6} (один дополнительный случай рака в популяции 1 млн. человек) – приемлемый риск. Умеренное загрязнение соответствует достоверному превышению фоновых уровней заболеваемости; уровень канцерогенного риска

может составить 10^{-5} (один дополнительный случай рака в популяции 100 тыс. человек) – достаточно высокий риск. Сильное загрязнение соответствует достоверному превышению верхней границы фонового уровня заболеваемости; уровень канцерогенного риска может составить 10^{-4} (один дополнительный случай рака в популяции 10 тыс. человек) – неприемлемый риск. Опасное загрязнение влечет за собой превышение фонового уровня заболеваемости в несколько раз; уровень канцерогенного риска может составить 10^{-3} (один дополнительный случай рака в популяции 1 тыс. чел.) – недопустимый риск.

В крупнейших городах Беларуси – областных центрах – загрязнение атмосферного воздуха оценивалось преимущественно как умеренное, а также как допустимое и слабое. Вместе с тем в 2 случаях – в 2003 г. в Гомеле и в 2005 г. в Витебске – отмечался его сильный уровень.

С учетом проявленной динамики загрязнения атмосферного воздуха в городах первоочередное внимание в области его охраны следует уделить тем из них, уровень загрязнения которых является стабильно высоким, поскольку именно там существует большая вероятность превышения порогового значения, вызывающего неприемлемый канцерогенный риск. К таковым относятся прежде всего гг. Гомель и Речица.

Проблема качества питьевых вод рассмотрена нами в шестой лекции. Как уже упоминалось выше, главным источником питьевого водоснабжения в Беларуси являются подземные воды. Единственный поверхностный водозабор, созданный на базе Вилейско-Минской водной системы, функционирует в г.Минске, однако и здесь планируется перевести водоснабжение на подземные источники.

В Беларуси действуют системы централизованного и нецентрализованного водоснабжения (колодцы). Первая охватывает города и крупные населенные пункты, вторая – сельские поселения. Централизованное водоснабжение преобладает и обеспечивает более 70% населения страны.

Проблема качества питьевых вод на территории страны обусловлена двумя факторами: во-первых, природными особенностями сложенных в которых формируются водоносные горизонты. Во-вторых, техногенным загрязнением этих горизонтов. Природными причинами вызвана повышенная концентрация в подземных водах железа и марганца, а также недостаточное с точки зрения человека содержание в них йода и фтора.

Природные причины неудовлетворительного качества питьевых вод характерны преимущественно для источников централизованного водоснабжения. Источники централизованного водоснабжения, использующие первый от поверхности водоносный горизонт, в большей мере подвержены техногенному загрязнению.

Превышение гигиенических норм для питьевых вод по содержанию железа имеет в Беларуси массовое распространение. Проводимые анализы проб воды показывают, что концентрации железа выше ПДК имеет примерно половина из них. Наиболее высокая концентрация в воде железа отмечается в южной части страны – в Полесье. Здесь превышение гигиенического норматива фиксируется в 60-80% случаев.

Загрязнение водоносных горизонтов, из которых осуществляется водоснабжение городского населения, является локальным и прослеживается только для одиночных скважин. Основная причина загрязнения – несоблюдение режима зон санитарной охраны.

Высокий уровень химического и микробиологического загрязнения колодцев в сельской местности вызван прежде всего развитием в стране интенсивного сельского хозяйства с применением больших доз минеральных и органических удобрений. Существенное значение имеют и такие причины как отсутствие у многих колодцев необходимой защиты в виде глиняных замков и отмолок, а также их размещение в непосредственной близости от мест содержания домашнего скота и иных источников загрязнения.

Последнее, очевидно, свидетельствует о недостаточности осознания населением опасности загрязнения питьевых вод.

Загрязнение поверхностных вод. На качество поверхностных вод оказывает влияние поступление загрязняющих веществ, во-первых, с поверхностным стоком в результате их смыва с сельскохозяйственных и урбанизированных территорий, с животноводческих ферм, из иных источников воздействий. Во-вторых, с атмосферными осадками, в-третьих, со сбрасываемыми сточными водами. В поверхностном стоке интенсивностью влияния выделяются застроенные территории городов.

Общая мощность очистных сооружений в стране превышает объем сбрасываемых сточных вод. Вместе с тем они не обеспечивают должного качества очистки. Причины этого заключаются в поступлении на многие очистные сооружения сточных вод с концентрацией загрязняющих веществ выше нормативных значений, имеют место случаи их перегрузки. Часть из действующих очистных сооружений характеризуется высокой степенью износа оборудования и нуждается в реконструкции.

Произошедшее за последние 15 лет снижение сбросов сточных вод сказалось на состоянии водоемов и водотоков. Об этом свидетельствует, например, существенное уменьшение числа речных створов с загрязненными или грязными водами.

В последние 5 лет 40-60% поверхностных вод Беларуси относились к категории относительно чистых; 40-50% - умеренно загрязненных, 2-10% - загрязненных, грязных или очень грязных. Наличие трех последних категорий связано с загрязнением р.Свислочь ниже места поступления в нее недостаточно очищенных сточных вод с очистных сооружений г. Минска. По отдельным загрязняющим веществам уровень ПДК во всех наблюдаемых водоемах был превышен в 10-15 раз (азот аммонийный и нитритный, железо общее, медь, марганец, фенолы).

Основной проблемой, осложняющей рекреационное и водохозяйственное использование озер и водохранилищ, является их хроническое загрязнение, которое вызывает интенсивное размножение в них сине-зеленых водорослей в летнее время. Соответственно, все они становятся непригодными для купания.

Проблема отходов. Проблема обращения с отходами имеет два критерия оценки - ресурсный и загрязняющий. В первом случае отходы рассматриваются как вторичные ресурсы, которые должны использоваться для производства полезной продукции. Во втором случае отходы выступают как источник загрязнения природной среды. Наибольшую угрозу загрязнения представляет категория опасных отходов.

В зависимости от количества и вида образуемых отходов будут определяться и меры по обращению с ними. Поэтому минимализация образования отходов - основное направление на пути решения этой проблемы. Вместе с тем возможности регулирования объемов образования различных отходов неодинаковы. Применительно к отходам потребления они ограничены, поскольку повседневная жизнь человека не может не сопровождаться образованием определенного их количества. По мере повышения качества жизни это количество в расчете на 1 человека возрастает. Увеличивается их общий объем, что и происходит, в частности, в Беларуси.

На будущее, принимая во внимание рост доходов населения в стране, тенденция к увеличению образования отходов потребления должна сохраняться. Поэтому для данной категории отходов приоритетное значение приобретает не снижение объемов их образования, а повышение уровня их переработки. Чтобы обеспечить такое повышение, следует продолжить деятельность по раздельному сбору отходов, извлечению из них вторсырья, расширению количества передвижных пунктов по его заготовке и т.д.

С отходами производства положение иное. В идеале производственные технологии вообще рассматриваются как безотходные. Следовательно, для этих отходов уменьшение объемов образования выступает в качестве очевидного приоритета.

Вместе с тем, в Беларуси за последние 5 лет не произошло снижения удельного образования отходов. Их объемы увеличивались такими же темпами, как и производство продукции. Если подобное положение сохранится, то объем отходов производства за предстоящее пятилетие повысится в 1,5 раза, что создаст дополнительные сложности по их переработке.

Среди объектов складирования и захоронения отходов наибольшую опасность загрязнения природной среды представляют главным образом те из них, которые были построены в предшествующие десятилетия – в 60-е и 70-е годы XX в., когда экологические требования к ним были не столь строгими, как в настоящее время.

Складирование отходов на полигонах при отсутствии на большинстве из них необходимой экологической информации вызывает локальное загрязнение вод и почв. Риск загрязнения природной среды повышает также продолжающееся ежедневно накопление токсичных отходов на промплощадках предприятий и их вывоз на необорудованные полигоны.

Негативные изменения природных комплексов под влиянием осушительной мелиорации. Крупномасштабные работы по осушительной мелиорации, имевшие целью увеличение площади сельскохозяйственных земель, были развернуты в Беларуси в середине 60-х годов прошлого века. Наиболее активно они велись до начала 90-х годов, затем темпы снизились. В настоящее время площадь осушенных земель занимает примерно шестую часть от всей территории страны.

Особенно интенсивно осуществлялось мелиоративное преобразование Полесской низменности. Его позитивным результатом явилось увеличение производства сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем, в силу разных причин при проведении мелиоративных работ не соблюдались в должной мере экологические требования, что привело к негативным последствиям, в частности, для биологического разнообразия и природно-ресурсного потенциала территории.

В природных условиях Полесья, где преобладает высокий уровень грунтовых вод, осушение болот вызывает изменения не только самих природных комплексов, пределы которых оно затрагивает, но и соседних территорий, на которых происходит снижение уровня грунтовых вод и ухудшаются условия местообитаний животных и растений.

Мелиорация Полесья привела к климатическим изменениям в регионе. Выразились они в увеличении повторяемости неблагоприятных для сельского хозяйства экстремальных климатических явлений, в частности, засух и заморозков.

Среднегодовое количество осадков в Полесье после периода интенсивной мелиорации снизилось на 10-31 мм. Соответственно, все чаще наблюдалась засуха во время вегетации растений.

Участились также и заморозки. Если до 1965 г. численные значения данного показателя в северной части Беларуси были в 2 раза выше, нежели в южной (в Полесье), то затем они стали соизмеримыми. В отдельные годы в Полесье наблюдались даже более интенсивные заморозки, нежели в северных районах страны.

Особенно подвержены заморозкам торфяные почвы. Заморозки наблюдаются здесь в 2 раза чаще, чем на минеральных. Заморозки на торфяниках случаются даже в июне, причем каждые 2-3 года, в то время как на минеральных – один раз в 20-30 лет.

В регионе, где распространены почвы легкого механического состава, а также торфяные, усилилась дефляционная опасность. Развитию дефляционных процессов способствовало появление в результате проведенных мелиоративных работ больших по площади открытых

пространств с пахотными угодьями, не имеющих лесополос, которые могли бы гасить скорость ветра.

На Полесье столкнулись две идеи: вечные жалобы полешуков на болота, и возмущения ученых против мелиорации. Опыт и время показали, что необходима третья идея – осушение небольших площадей и поддержание мелиоративных объектов в порядке. И идея эта возникла после паводка 1993г., захватившего Минскую, Гомельскую, Могилевскую области. Выпало 3 месячные нормы осадков. Если бы такое случилось 20 лет назад, осушительная сеть справилась бы, в 1993г. – не справилась. Пострадали хозяйства Житковичского, Лунинецкого, Наровлянского, Калинковичского, Пинского, Ганцевичского, Петриковского, Ельского, Лельчицкого районов. Посевы около 3 месяцев были покрыты водой. Кроме того, что погибли посевы, из почвы были вымыты все полезные вещества. Если анализировать негативные последствия паводка, что вывод один – забвение роли ремонта и реконструкции осушительных систем.

Дегградация почв пахотных угодий. Под дегградацией почв подразумевается постепенное ухудшение их свойств, вызванное изменением условий почвообразования в результате естественных причин или хозяйственной деятельности человека и сопровождающееся уменьшением содержания гумуса, разрушением почвенной структуры и снижением плодородия.

Наибольшую опасность представляет эрозия почв, которая приводит не только к снижению почвенного плодородия, но и к уничтожению почв как компонента природного комплекса. В Беларуси эрозия минеральных почв охватывает примерно десятую часть пахотных земель (9,4%). Преобладает плоскостной смыв, на долю которого приходится почти 4/5 эродированных угодий.

Дегградация торфяных почв происходит вследствие минерализации органического вещества при использовании их под пашню и особенно для выращивания пропашных культур. Скорость сработки торфа в данном случае составляет обычно 1-4 см в год, что в 10-40 раз выше скорости накопления торфяного слоя в естественных условиях на болотах.

Дегградация торфяных почв сопровождается снижением их плодородия. Общая площадь деградированных торфяных почв в 2000 г составила 190,2 тыс. га, в том числе на 18,2 тыс. га торфяной слой исчез полностью и на поверхность вышли пески. Для получения высоких урожаев на деградированных торфяных почвах требуется вносить большие дозы удобрений. Мелиорация - это не только и не столько осушение. Это комплекс мер по улучшению земли. Доля минеральных удобрений здесь самая весомая - 60 %. По 15 % приходится на долю осушения и организации земледелия. И, наконец, доля природного плодородия составляет около 10 %. Пусть низкий удельный вес осушения в эффекте мелиорации не смущает читателя - без этого «малого» не было бы и большого. Научный подход дает однозначный ответ: нет возможности внести нужную дозу удобрений, ~ не портить природу (торфяное болото).

Еще один важный момент. По мнению академика С.Скоропанова, целесообразно на осушенных землях высаживать не зерно, а травы. Справедливости ради заметим: недооценка экономической и экологической роли трав по-прежнему существует и сейчас. Индустриальные технологии, пользующиеся широкой известностью, почти не коснулись луговодства, да и трав на пашне. Они по-прежнему не получают той нормы удобрений, которой пользуются другие культуры. Общий вывод сводится к одному: осушенные торфяники республики, и Полесья в частности, наиболее целесообразно использовать в качестве культурных долголетних лугов.

Пропашным культурам (картофель, корнеплоды и др.) нет места на этих почвах. При условии внесения на гектар 120 кг минерального азота и соответствующих доз калия и фосфора травы гарантируют 7-8 т абсолютно сухой массы урожая, что эквивалентно такой же величине самого дешевого молока. Ни одна другая культура в наших условиях на это не способна.

Наряду с этим многолетние травы играют большую экологическую роль. Они спасают от ветровой эрозии, резко сокращают минерализацию органического вещества, почти полностью исключают пожары, зеленая масса трав сбалансирована по белку.

В последние годы политика государства в области мелиорации земель изменилась. Вместо экстенсивного наращивания их площади ставится задача оптимизации использования уже созданных мелиоративных систем. Техническое состояние этих систем за время, прошедшее после их строительства, значительно ухудшилось. Поэтому, главным направлением работ является реконструкция, ремонт и модернизация технически устаревших и выработавших срок эксплуатации мелиоративных систем, их экологическая оптимизация, предусматривающая предотвращение деградации почв и охрану от истощения и загрязнения ими водных объектов.

В первоочередном порядке намечены к восстановлению наиболее экономически значимые мелиоративные системы. К таковым отнесены мелиоративные системы сельскохозяйственных организаций, которые, во-первых, являются валообразующими, во-вторых, имеют крупные животноводческие комплексы, в-третьих, имеют более 50% мелиорированных земель в составе сельскохозяйственных угодий. Кроме того, будут реконструироваться мелиоративные системы в паводкоопасных районах, а также те из них, которые обеспечивают высокую экономическую отдачу вложенных средств.

Районы с низкой лесистостью. Низкая лесистость территории, так же и упоминавшаяся ранее высокая степень мелиорации, по видимому, не должна рассматриваться в качестве проблемной ситуации. Вместе с тем она создает предпосылки для ее возникновения.

В районах с низкой лесистостью нарушается водный режим, повышается угроза загрязнения природной среды, получают развитие неблагоприятные геологические и иные процессы. Районы с лесистостью ниже 30% занимают примерно пятую часть Беларуси. Они располагаются преимущественно в центральной части страны. Для предотвращения негативных экологических последствий, связанных с низкой лесистостью этих районов, в настоящее время планируется принятие мер по двум основным направлениям. Одно из них, предполагает ограничение в этих районах рубок главного пользования. Второе предусматривает повышение лесистости.

Оба приведенных направления имеют позитивное экологическое значение. В первом случае планируемые меры должны предотвратить неблагоприятные изменения в существующих лесах, во втором – снизить отрицательные для природной среды последствия, обусловленные низкой лесистостью. Вместе с тем возможности увеличения площади лесов в имеющихся малолесных районах ограничены, поскольку они обладают плодородными почвами и важны для сельскохозяйственного использования.

Соответственно, более существенное значение для указанных районов имеет не столько повышение лесистости, сколько формирование здесь необходимой экологической инфраструктуры. Указанные районы следует рассматривать как приоритетные для создания в их пределах водоохранных, придорожных, полевых лесополос и иных природных элементов, обеспечивающих целостность экологической сети, а также озеленение расположенных здесь городов.

Проблемы, связанные с риском возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера. Риск возникновения техногенных аварий в связи с функционированием крупных производственных объектов вызван в основном высокой степенью износа их оборудования и использования устаревших технологий.

В силу многочисленности основную угрозу для Беларуси представляют химически опасные объекты. Всего в стране функционирует 544 таких объектов. В зоне их влияния в общей сложности проживает около 3 млн. человек.

Наряду с объектами, расположенными в пределах страны, угрозу для населения представляют также крупные экологоопасные объекты, которые находятся в соседних странах

на небольшом удалении от границ Беларуси. К таковым относятся атомные электростанции – Чернобыльская и Ровенская в Украине, Игналинская – в Литве, Смоленская – в России. Особенно близко от границы с Беларусью, на удалении менее 30 км, находятся Чернобыльская и Игналинская АЭС.

Территория по соседству с Чернобыльской АЭС сейчас используется в особом режиме, поскольку она подвергалась интенсивному радиоактивному загрязнению. Здесь создан Полесский радиационно-экологический заповедник.

Территория, попадающая в 30-километровую зону Игналинской АЭС, имеет не только производственное (сельско- и лесохозяйственное значение), но и рекреационное значение. Причем роль последнего очень велика, поскольку данная территория является уникальной по сочетанию высокой эстетической привлекательности и экологической чистоты. Здесь расположены относительно мало измененные человеческой деятельностью холмисто-древнеледниковые ландшафты, которые сочетаются с группами озер.

Указанные рекреационные качества территории нашли свое отражение в характере ее использования. Здесь создан Национальный парк «Браславские озера». Тем самым определено общенациональное значение этой территории для развития экологического туризма. Однако соседство с атомной станцией можно рассматривать как сдерживающий фактор для такого использования территории.

Чрезвычайные ситуации природного характера возникают из-за экстремальных природных явлений. Обусловлены они главным образом климатическими и биологическими факторами. С первыми связаны такие явления как наводнения, ливни, град, молнии, снегопады, метели, снежные заносы, ураганы, сильные ветры, заморозки в вегетационный период, лесные пожары, засухи. Со вторыми – эпидемии и эпизоотии.

Особенно часто случаются лесные и торфяные пожары. Так, за период с 2000 г. ежегодное количество лесных пожаров варьировало от 1,1 тыс (2001, 2004 гг.) до 5,3 тыс. случаев (2002 г.). остальные экстремальные явления наблюдаются значительно реже – от нескольких раз до нескольких десятков раз в году. Однако основной ущерб приходится не на пожары, а на наводнения, ураганы, заморозки в вегетационный период и на засухи.

Наводнения на реках Беларуси происходят в разных частях страны почти ежегодно. Вызваны они значительной неравномерностью внутригодового распределения стока. Доля среднего объема весеннего половодья составляет в нем примерно 55%. Кроме весеннего половодья регулярно случаются летне-осенние дождевые паводки.

Режимы половодий и паводков имеют свои особенности, которые зависят главным образом от геоморфологических условий речных бассейнов. Из крупнейших рек Беларуси самая большая продолжительность затопления поймы во время весеннего половодья у р. Припять. На разных ее участках она составляет 41-60 дней. Средняя продолжительность затопления р. Днепр составляет 40-53 дня, р. Сож – 28 дней, р.Бережина – 28 дней, Западная Двина- 15-20 дней.

Ширина разлива в бассейне р. Припять самая большая – от 1,5-2 до 15 км. В бассейнах других больших рек размеры разливов меньше.

Наводнения повторяются практически каждый год, а в отдельные годы они бывают особо интенсивны и наносят ущерб, многократно превышающий его обычную величину. За последние 50 лет в Беларуси такие наводнения случались 6 раз.

Наибольший ущерб от наводнений наносится в бассейне р.Припять. Для этого бассейна в 1978 г. были разработаны и начали реализовываться инженерные мероприятия по защите поймы реки от наводнений. Однако вследствие недостаточного финансирования они не осуществлены в полной мере. Выполнена лишь половина от запланированных мероприятий по строительству дамб и защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель. Поэтому

проблема наводнений для бассейна р. Припять, так же как и для остальных рек Беларуси, продолжает оставаться актуальной.

Где же в Беларуси жить хорошо?

Брестская область. Территория области приурочена в основном к водоразделу и относится к водосборным бассейнам трех крупных рек – Припяти, Западного Буга, Немана.

Плотность населения области составляет 44 чел/км², что примерно соответствует среднему для страны показателю - 47 чел/км². Объем производимой промышленной продукции составляет 9,3% от общереспубликанского уровня. В структуре промышленности преобладают отрасли, которые не отличаются высокой интенсивностью воздействия на окружающую среду – пищевая промышленность, машиностроение, металлообработка. Сельскохозяйственное освоение территории области находится на среднем для Беларуси уровне – 44%. В то же время в области самая высокая в стране доля осушенных земель – 23%, что в 1,4 раза выше средней по стране.

Зона радиоактивного загрязнения в Брестской области занимает около 11% территории. В ее пределах проживает 143,5 тыс. человек.

Загрязнение атмосферного воздуха городов в целом ниже среднего по стране показателя. За последние 5 лет в г.Бресте его уровень 3 раза был повышенным и 2 раза низким. В г.Пинске значения ИЗА почти постоянно были самыми низкими среди всех городов. Исключение составляет 2005 г., когда загрязнение атмосферного воздуха в городе было повышенным.

Брестская область характеризуется самой высокой долей торфяных почв, занятых под пашню (в 2,3 раза выше, чем в среднем по Беларуси). Ареал интенсивного мелиоративного освоения с долей осушенных земель выше 30% занимает здесь почти четверть территории.

На территории области находится самый большой в Беларуси карьер по добыче строительного камня – «Микашевичи», вокруг которого образовалась крупная депрессионная воронка (радиусом по отдельным направлениям 6-7 км), которая продолжает расширяться. В ее пределах происходит изменение гидрогеологического режима и увеличение минерализации подземных вод, что создает сложности для питьевого водоснабжения населения.

Брестская область играет исключительно важную роль в сохранении биологического разнообразия Беларуси. Особо охраняемые природные территории занимают 14,5 % от общей площади, что почти в 2 раза выше среднего значения. Здесь же находится единственный в стране памятник природы всемирного наследия – Национальный парк «Беловежская пуща».

Витебская область. Находится преимущественно в пределах Белорусского Поозерья и приурочена к среднему течению реки Западная Двина. Отличается большим количеством крупных озер, высокой расчлененностью рельефа, пониженным хозяйственным освоением, и в силу этого, высокой рекреационным потенциалом. Плотность населения области самая низкая в стране - 32 чел/км². Объем производимой промышленной продукции составляет 17,2% от общего республиканского уровня. В структуре промышленности преобладает топливная промышленность, выпускающая почти половину всей продукции, производимой в области. Сельскохозяйственные угодья занимают здесь около 40% территории, что в 1,1 раза меньше средней величины по республике.

Витебская область является единственной в Беларуси, где радиоактивное загрязнение практически отсутствует. В то же время здесь отмечаются самые высокие удельные выбросы загрязняющих веществ (на единицу площади), почти на четверть выше среднего.

Повышенный уровень выбросов в Витебской области связан прежде всего с тем, что на ее территории размещается наиболее крупный в стране источник выбросов - Новополоцкое ПО «Нафтан». На его долю приходится пятая часть всего их областного объема.

В г. Новополоцке находится также один из крупнейших в Беларуси экологоопасных объектов – ПО «Полимир», который относится к самому высокому – первому классу опасности.

Тем самым промышленный узел данного города выступает как источник потенциальной экологической угрозы для населения.

Загрязнение атмосферного воздуха в городах Витебской области за последние 5 лет изменялось от низкого до повышенного и высокого. При чем для всех наблюдаемых городов – Витебска, Орши, Новополоцка, Полоцка чаще фиксировался повышенный и высокий уровень – по 3-4- раза, а низкий – по 1-2- раза.

В области имеет место повышенная степень эрозии почв, которой подвержены 10,7% пахотных угодий.

Гомельская область. Природные условия Гомельской области сходны с Брестской, они размещаются в одних и тех же ландшафтных провинциях – Полесской и Предполесской. Однако имеются и существенные различия, связанные с размещением областей в системе водосборных речных бассейнов.

Для территории Гомельской области характерно размещение в нижних частях бассейнов крупнейших рек – Днепра, Припяти, Сожа, Березины. Реки здесь отличаются наивысшей водностью, благодаря чему они менее уязвимы для загрязнения.

Область отличается высокой степенью сохранности природных комплексов. Ее лесистость составляет 45%, что в 1,2 раза выше среднего значения. Доля сельскохозяйственных угодий здесь наименьшая в стране – 35%. Показатель плотности населения также один из самых низких – 37 чел/км². В то же время Гомельская область занимает второе место после г.Минска по объему производимой промышленной продукции – 20,5%. В структуре промышленности ведущую роль играет топливная и черная металлургия.

Состояние окружающей природной среды Гомельской области в решающей степени определяется наличием здесь обширной зоны радиоактивного загрязнения, охватывающей 64,1 % ее территории. По своим размерам эта зона в 1,7 раза больше, нежели суммарная площадь радиоактивного загрязнения всех остальных областей. В ее пределах проживает 1023,9 тыс. человек, или 68,5 % населения области.

За последние 5 лет область выделяется наиболее высокими уровнями загрязнения атмосферного воздуха городов. За период с 2001 по 2005 гг. его повышенная и высокая степень фиксировалась в Гомеле и Речине ежегодно, в Светлогорске – в 80 %, в Мозыре – в 40 % случаев.

Гомельская область резко выделяется величиной накопления токсичных отходов. На ее территории сконцентрировано $\frac{3}{4}$ от их общего объема. Здесь же ведется строительство предприятия по утилизации этих отходов.

Гродненская область. Располагается главным образом в пределах Белорусской провинции холмисто-моренных ландшафтов бассейна р. Неман.

Плотность населения области находится на среднем для страны уровне – 45 чел/км². Вместе с тем Гродненская область выделяется самой низкой лесистостью – 34,3 % и наиболее высоким уровнем сельскохозяйственного освоения – 51%. Объем производимой здесь промышленной продукции составляет 9,1 % от общего объема производства в стране. Ведущими отраслями промышленности являются химическая, нефтехимическая, пищевая.

Зона радиоактивного загрязнения в области занимает около 5% территории. В ее границах проживает 21,7 тысяч населения.

Загрязнение атмосферного воздуха в г.Гродно в последние 5 лет в большинстве случаев соответствовало категории низкой степени.

Почвы сельскохозяйственных угодий Гродненской области обладают наивысшим плодородием в Беларуси. Они же в наибольшей степени подвержены эрозии. Доля эродированных почв в области составляет 13,4%, что в 1,4 раза превосходит этот показатель по стране.

Гродненская область, наряду с Витебской, относится к числу областей, в пределах которых размещаются особенно крупные экологоопасные предприятия. Объектом первого класса химической опасности является здесь Гродненское ПО «Азот».

Минск. По количеству населения и производственному потенциалу г. Минск превосходит каждую из областей. В городе проживает до 2 млн. человек, или 18% населения страны, и производится 21% объема промышленной продукции.

По суммарному объему выбросов загрязняющих веществ от передвижных и стационарных источников г. Минск занимает первое место среди городов и четвертое среди областей Беларуси. Преобладающее значение имеют передвижные источники, доля которых в общем объеме выбросов превышает 80 %. Количество сбрасываемых сточных вод в городе выше, нежели в любой из областей, а их приемник — р. Свислочь не отличается высокой устойчивостью к загрязнению.

Загрязнение атмосферного воздуха г. Минска на протяжении многих лет определяется как низкое. Причем в отличие от других городов, где имеют место существенные колебания численных значений комплексного показателя загрязнения, в г. Минске они остаются относительно стабильными.

Характерными для крупного города являются физические факторы воздействий на окружающую среду, главным образом шум и вибрация. Их источниками служат наземный транспорт, метрополитен, производственные объекты. В различных районах г. Минска в условиях акустического дискомфорта проживает от 20 до 40 % населения.

Загрязнение вод в г. Минске касается как подземных водоносных горизонтов, так и поверхностных водных объектов — рек и водохранилищ. Ежегодно на ряде водозаборов фиксируются превышения ПДК, главным образом по соединениям азота.

Загрязнение поверхностных вод зависит от положения водных объектов относительно территории города. Выше города водоемы обычно оцениваются как относительно чистые или умеренно загрязненные, в городе — как умеренно загрязненные или загрязненные и ниже города — как загрязненные, грязные или очень грязные.

Загрязнение почв, преимущественно тяжелыми металлами (свинцом, цинком и др.) и нефтепродуктами, прослеживается на 1/4 территории г. Минска. Аномалии формируются в основном в старой части города, вокруг источников выбросов, а также на пригородной территории, в восточном направлении от г. Минска (в соответствии с преобладающими направлениями ветров) и в пойме р. Свислочь.

Минская область. Географически занимает центральное место в стране и характеризуется самым большим разнообразием природных условий.

Область занимает водораздельное положение. По ее территории проходят водоразделы основных белорусских рек — Днепра, Припяти, Немана, Вилии, Западной Двины.

На состояние природной среды области оказывает влияние такой мощный источник воздействий, как г. Минск. Плотность населения области, включая г. Минск, составляет 81 чел/км², что превышает среднее для Беларуси значение в 1,7 раза. С учетом вклада города величины выбросов и сбросов загрязняющих веществ более чем в 2 раза превосходят показатели остальных областей.

Зона радиоактивного загрязнения занимает в Минской области около 3,5% территории. В ее пределах проживает 15,6 тыс. человек.

Сельскохозяйственное освоение области составляет 47%, то в 1,1 раза выше среднего значения. Относительно велика здесь и доля пахотных торфяных почв — в 1,6 раза выше средней. Ареал интенсивного мелиоративного освоения с долей осушенных земель более 30% занимает в области 3% территории.

На территории Минской области размещается самый крупный по масштабам воздействий на природную среду производственный объект — ПО «Беларуськалий». Зона влияния, связанного с просадками земель, а также засолением вод и почв, составляет десятки тысяч гектаров.

Могилевская область. Расположена в основном в бассейне р. Днепр.

Плотность населения области составляет 40 чел/км², что в 1,2 раза ниже средней. Объем производимой здесь промышленной продукции самый низкий в стране — 8,7 %. В структуре промышленности основное значение прилежит химической и нефтехимической отрасли, а также машиностроению и металлообработке.

Могилевская область характеризуется относительно высоким уровнем сельскохозяйственного освоения — 50%, самой низкой долей особо охраняемых природных территорий — в 2 раза ниже среднего значения. Так же как и для Гомельской области, основное влияние на состояние окружающей природной среды Могилевской области оказывает радиоактивное загрязнение, хотя его масштабы здесь ниже. Зона радиоактивного загрязнения распространяется на 30,5% территории, в пределах которой проживает 128,2 тыс. человек.

Загрязнение атмосферного воздуха городов в области в последние годы не отличалось интенсивностью. С 2000 по 2006 г. в г. Могилеве оно постоянно было низким, а в г. Бобруйске в 60% случаев оно квалифицировалось как низкое и в 40% — как повышенное.

Доля эродированных почв в области составляет 11,2%, что в 1,2 раза выше средней величины.

ГЛАВА 12 МАЛЬТУС ОКАЗАЛСЯ ПРАВ ИЛИ СКОЛЬКО ЛЮДЕЙ СМОГУТ ВЫЖИТЬ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ

Из которой мы узнаем, сколько нас на Земле, почему не хватает еды и воды на всех, будем ли мы жить богатыми и здоровыми, или бедными и больными.

Сколько нас на Земле

В начале книги мы познакомились с глобальными проблемами планеты Земля. Среди основных проблем была обозначена проблема народонаселения или демографическая. Попробуем разобраться с ней более детально, так как возможно от ее решения в значительной степени зависит наше будущее.

Численность населения Земли на протяжении всей истории человечества неуклонно возрастает. В прошлом на протяжении многих тысячелетий, население мира росло чрезвычайно медленно, что объясняется низким уровнем развития производства и сильной зависимостью человека от природы на ранних этапах своей истории. Природная среда ставила предел росту численности первобытных людей, основу жизни которых составляли охота, рыболовство и собирательство.

К концу палеолита, по приблизительной оценке, человек освоил менее 1/3 ойкумены (около 40 млн. км²), а средняя плотность населения вряд ли превышала 8-10 человек на 100 км².

Так называемая неолитическая революция, ознаменовавшаяся появлением скотоводства и земледелия и переходом от собирательства и охоты к производству продуктов, создала новый тип хозяйства и предпосылки для ускоренного роста населения. Большинство исследователей разделяют точку зрения, что к 1000 году население мира едва ли достигало 300 млн. человек. Подавляющая часть населения сосредотачивалась в Южной и Восточной Азии; слабой заселенностью отличались Северная Америка и Австралия, а также обширная зона влажных тропических лесов Африки и Южной Америки. Низкий темп роста населения определялся высоким уровнем смертности, низкой продолжительностью жизни, эпидемиями, голодом, войнами.

Дальнейшее, хотя и медленное, социально-экономическое развитие, опираясь на развитие материального производства, способствовало не только увеличению количества пищи, но и борьбе со смертностью. Поэтому в последующие тысячелетия главным источником роста населения мира становится не борьба с голодом, а борьба с болезнями. По оценкам, к 1500 г. численность населения мира возросла до 400 – 500 млн. человек. В этот период наиболее населенными странами Европы были Франция, Италия, Германия, Великобритания. В Азии в этот период самыми крупными по численности населения были Китай (свыше 100 млн. чел.), Индия (около 50 млн. чел.), Япония. На Африканском континенте по числу жителей выделялись средиземноморские

страны (страны Магриба), а также государства тропической Африки (Гала, Мали, Солган); в Америке – государства ацтеков (Мексика) и инков (Перу).

Начиная с XVII столетия, темпы роста населения мира снова заметно возрастают, что связано с успешной борьбой с болезнями, все усиливающейся по мере развития медицины и здравоохранения. Снижение смертности от эпидемий и различных инфекционных заболеваний обеспечивало рост продолжительности жизни человека. Если продолжительность жизни первобытного человека обычно не превышала 20 лет, то к началу XVIII в. она превзошла 30-летний рубеж.

В дальнейшем быстрый рост промышленности, подъем сельского хозяйства, успехи медицины в ряде западно-европейских стран не могли не отразиться на демографических процессах, и обусловили новый скачок в росте численности мирового населения во второй половине XVIII века. С 1500 по 1900 гг. население мира выросло почти в 4 раза. Если в 1650 г. оно достигло 550 млн. чел., то к 1800 г. – 905 млн. чел. В 1820 г. человечество достигло своего 1-го миллиардного рубежа. Особенно быстрое ускорение темпов прироста населения было характерно для второй половины XIX века в промышленно развитых странах Западной Европы.

Об ускорении темпов прироста мирового населения свидетельствуют данные о периодах достижения человечеством миллиардных рубежей:

- в 1820 г. – 1 млрд. человек
- через 110 лет – в 1930 г. – 2 млрд. чел.;
- через 30 лет – в 1960 г. – 3 млрд. чел.;
- через 14 лет – в 1974 г. – 4 млрд. чел.;
- через 13 лет – в 1987 г. – 5 млрд. чел.;
- через 12 лет – в 1999 г. – 6 млрд. чел.;
- в 2007 г. – 6,5 млрд. чел.

Самые высокие в человеческой истории темпы роста населения Земли отмечаются во второй половине XX столетия. В этот период появляется образное выражение «демографический взрыв», обозначающее быстрый количественный рост мирового населения. В отличие от предыдущих скачков роста мирового населения данный «взрыв» произошел в очень короткие сроки и охватил подавляющее большинство стран мира. Основная причина «демографического взрыва» – резкое снижение смертности населения, что обусловило высочайшие в демографической истории человечества показатели естественного прироста. Например, общий прирост населения в период 1950-2000 гг. составлял 74,7 млн. чел. в год (1,8 %), тогда как еще в 1900-1950 гг. он был только 17,3 млн. в год (0,8 %).

Резкое снижение смертности населения мира произошло главным образом из-за новых успехов научной медицины. Именно после второй мировой войны в медицинскую практику широко вошли антибиотики и сульфаниламиды, позволившие бороться с острыми и опасными инфекционными заболеваниями.

Кроме того, под эгидой ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения) начала проводиться массовая иммунизация населения, что нанесло удар по эпидемиям тяжелейших заболеваний, уносивших огромное количество жизней (чума, оспа, полиомиелит, лихорадки, грипп и т.д.). Благоприятно повлияли на снижение показателей смертности также первые успехи многих молодых государств в сфере экономического и культурного развития.

Что касается различий в темпах роста основных макрорегионов мира, то они отмечаются на протяжении практически всей истории человечества. Однако никогда в истории человечества так остро не различались темпы роста населения в странах с различным уровнем социально-экономического развития.

Демографический «взрыв»

Демографический взрыв во 2-й половине XX ст. более всего затронул слаборазвитые страны мира. В результате быстро ускорившегося естественного прироста численность населения с 1950 по 1990 гг. многих стран и даже регионов Африки более чем утроилась. По сравнению с 1960 г. численность населения этого континента увеличилась почти в 3 раза, и сегодня в африканских государствах отмечаются самые высокие темпы прироста населения (среднегодовой прирост в странах к югу от Сахары в 2000-2005 гг. составлял 2,3 %). Вместе с тем в большинстве стран Европы и бывшего СССР население возросло менее чем на 1/5. Интересно, что в том же 1960 г. численность населения Европы в 2 раза превышала численность населения Африки, но, по подсчетам специалистов, к 2050 г. число африканцев в 3 раза превысит число европейцев. Сегодня в некоторых странах Европейского региона наблюдается уменьшение населения (Италия, Польша, Чехия, Румыния, практически все христианские страны СНГ). Замедлился или совсем прекратился прирост населения к настоящему времени в странах Северной Америки и Японии. США сегодня – единственная развитая страна, в которой по-прежнему прогнозируется существенный прирост населения, причем в основном за счет миграций. Среди группы развитых стран, кроме США, специалисты предполагают небольшой прирост населения в Австралии и Новой Зеландии и также за счет мигрантов.

Все это способствовало дальнейшему перераспределению населения между различными группами стран мира. Так, если в 1960 г. 70% населения мира проживало в развивающихся странах, то в настоящее время этот показатель составляет более 80%. Наиболее быстро растущими регионами в начале XXI в. являются страны Африки к югу от Сахары, а также страны Южной и Западной Азии, Карибского бассейна, т.е. наименее развитые в социально-экономическом отношении страны.

Демографический прогноз на 2025 г. изменялся уже неоднократно, причем каждый раз в сторону уменьшения показателей. Еще в начале 1990-х гг. составители прогноза полагали, что население Земли (если исходить из среднего варианта) должно составить в 2010 г. 7,2 млрд. человек, в 2020 г. – 8 млрд., а в 2025 г. – 8,5 млрд. человек. Однако, исходя из реальных темпов снижения

естественного прироста населения, эти цифры были уменьшены для 2025 г. сначала до 8 млрд. с небольшим, а затем и до 7,8 млрд.

Большой интерес в связи с обозначенной тенденцией представляют дальнейшие сдвиги в соотношении численности населения экономически развитых и развивающихся стран. Согласно прогнозам ООН, население развитых стран к 2025 г. возрастет всего на 20-30 млн. и составит примерно 1,2 млрд. человек (это и есть тот самый «золотой миллиард»). А население развивающихся стран к этому же сроку увеличится на 2 млрд. и достигнет 6,6 млрд. человек (в том числе население наименее развитых стран – 1,1 млрд.

Как и следовало ожидать, в развитых регионах и странах, в первой четверти XXI века либо произойдет очень небольшой прирост населения, либо даже наступит убыль. В странах, где все еще отчетливо проявляется хотя и затухающий демографический взрыв, население по-прежнему будет возрастать. По абсолютным размерам прироста первое место сохранится за Азией (более 1 млрд. человек!), а по относительным – за Африкой (на 60%!). Так, например, специалисты подсчитали, что самостоятельное население Азии увеличится на 600-700 млн., Африки – на 400 млн. человек; население Эфиопии, например, может вырасти к 2050 гг. до 213 млн. чел. Такой рост грозит осложнением и без того трудных проблем социально-экономического развития стран Юга. И всех этих людей нужно будет обеспечить рабочими местами, продовольствием, питьевой водой, медицинским обслуживанием и др. услугами.

Неравномерный рост населения в различных регионах, сопровождающийся интенсивным процессом перераспределения мирового населения, усиливает поляризацию богатства и бедности в современном мире, и такая поляризация не только не сокращается, но постепенно даже возрастает. Например, в начале XXI столетия доля беднейших стран мира в совокупном мировом производстве составляла всего 2,2 %, тогда как на долю богатого населения в это же время приходилось более 97 % мирового ВВП. Разительны и такие примеры. Имущество трех самых богатых людей в мире превышает суммарный ВВП 48 наиболее бедных стран мира. А 15 самых богатых частных лиц располагают большим имуществом, чем все африканские страны к югу от Сахары; 360 миллиардеров владеют состоянием, которое равно совокупному годовому доходу государств с населением, составляющим почти половину человечества.

По данным всемирных организаций, общая численность бедных людей в мире все еще не уменьшается. Если учитывать тех, кто живет менее чем за 1 доллар в день, то их численность к началу XXI в. осталась на уровне 1,3 млрд. Если же принять во внимание тех, кто имеет доход до 2 долларов в день, то общее количество бедняков вырастает до 3 млрд. чел., т.е. половина населения Земли и это практически все жители развивающихся стран.

Именно для этих стран и стоят наиболее остро такие проблемы как продовольственная, обеспечения чистой питьевой водой и канализацией, борьба с ВИЧ (СПИДом), охрана здоровья, неконтролируемая урбанизация и ряд других.

Не надо обольщаться очень быстрым увеличением численности человечества в XX в., (демографическим взрывом) и тем что почти 75% численности человечества за все время его существования жили в XX и начале XXI веков. Следует задаться вопросом о здоровье человеческой популяции.

Уровень цивилизованности страны определяется в первую очередь не развитием техники и транспорта, а качеством жизни, в котором продолжительность жизни человека является основным показателем (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Средняя продолжительность жизни человека в разных странах

Страна	Средняя продолжительность жизни, годы
Япония	80
Германия	78
Франция	74
США	72
Россия	65
Китай	64
Индия	44
Ангола	41

Как видно, с развитием экономики продолжительность жизни растет, это, казалось бы, весомый аргумент в пользу технократического развития цивилизации. Но есть и обратная сторона медали.

Такая сложнейшая мировая проблема, как демографическая, порождаемая взрывным ростом населения (обусловленным и увеличением продолжительности жизни человека), приводит к резкому повышению нагрузки на окружающую среду в результате увеличения потребностей людей в продовольствии, энергии, жилье, промышленных товарах и т.д. Очевидно, что без решения демографической проблемы, без стабилизации численности населения невозможно сдержать развитие кризисных экологических процессов на планете. В свою очередь экологические проблемы опустынивания, обезлесения, вызывая деградацию и гибель сельскохозяйственных земель, приводят к обострению мировой продовольственной проблемы. В результате около 20% жителей планеты постоянно недоедают; каждый год от голода умирает 35 тыс. человек, из них три четверти – дети до 5 лет.

Хватит ли еды на всех

В числе перечисленных демографических проблем в силу своей значимости для всех других аспектов жизнедеятельности человека стоит **продовольственная проблема**, поскольку от наличия и качества продуктов питания зависит само физическое существование и здоровье миллиардов людей. Она отражается едва

ли не на всех сторонах жизни общества и представляет собой огромную угрозу для многих государств. В последние годы в научный и практический обиход прочно вошло понятие «продовольственная безопасность».

Глобальная продовольственная проблема – едва ли не древнейшая из всех глобальных проблем человечества. Голод – как крайнее ее проявление и огромное социальное бедствие – обрушивался на массы людей и в древности, и средние века, и в период новой и новейшей истории

В наши дни авторитетными международными организациями определены медицинские нормы питания людей и соответственно сами понятия голод и недоедание. По оценкам ФАО и ВОЗ, примерная норма питания для одного человека должна составлять 2400-2500 ккал в день. Некоторые авторы считают, что «среднестатистическому» жителю Земли для нормальной жизнедеятельности необходимо 2700-2800 ккал в день. Разумеется, этот показатель может несколько варьировать в зависимости от пола, возраста, вида труда, природно-климатических условий и некоторых других факторов. Отчетливо выраженное недоедание наступает тогда, когда этот параметр существования опускается ниже 1800 ккал, а явственный голод – когда он проходит «критическую отметку» в 1000 ккал в день. Что касается структуры пищевого рациона, то по норме она должна включать не менее 100 г белка в день. Питание, при котором недостает не только калорий, но и белков (в первую очередь животного происхождения), а также жиров, витаминов, микроэлементов, называют неполноценным. Его называют также скрытым (хроническим) голодом.

По некоторым оценкам, сегодня в среднем в мире в расчете на душу населения приходится продуктов питания в пересчете на энергетические показатели 2700 килокалорий в день. В середине 1980 годов калорийность питания в развивающихся странах в расчете на одного жителя составляла всего лишь 2460 килокалорий в день, а в низкодоходных странах тропической Африки около 2000 килокалорий против 3380 в развитых странах.

Большое значение имеет и качество питания. Ограниченность потребления в пище белка животного происхождения в странах тропической Африки, Азии можно объяснить не только природными и экономическими факторами, но и религиозными ограничениями, традициями и общим уровнем развития. Для населения развивающихся стран характерна преимущественно растительная диета и часто сохраняется зависимость от одного–двух видов продовольствия (зерновых или клубнеплодов). Например, от просо и сорго в Западной и Центральной Африке, юге Индостана, на северо-востоке Китая. Или от кукурузы в Мексике, Венесуэле, Восточной Африке. Главным источником калорий в Северной Африке и Юго-Западной Азии служит пшеница; основу рациона питания жителей Южной и Юго-Восточной Азии составляет рис. Бедное население слаборазвитых стран в связи с недостатком скота почти не употребляет мясные и молочные продукты, что приводит к острой калорийной и белковой недостаточности. Во многих

африканских племенах до сих пор мясо могут получить только мужчины, отправляющиеся на охоту.

Современная мировая продовольственная ситуация трагична из-за своей противоречивости. С одной стороны, голод является причиной смерти и болезней миллионов людей, и в мире нет государства, в котором производство, распределение и внешняя торговля продовольствием не были бы заботой правительства. С другой стороны, масштабы мирового производства продуктов питания в целом соответствуют продовольственным потребностям населения мира. Голод обычно случается не потому, что в мире в целом не было запасов зерна, а потому что при низких доходах населения в большинстве развивающихся стран продукты питания становятся недоступными для значительной его части, а возможностей увеличить долю продовольственных затрат в семейных расходах у них нет, поскольку она и так часто превышает 60 % (для сравнения: во Франции – 16%, в США – 13 %. В Японии – 11 %).

На современной карте мира зона голода охватывает огромную территорию по обеим сторонам экватора, включая почти всю Африку к югу от Сахары, Западную Азию, Южную и Юго-Восточную Азию, Карибский бассейн, значительную часть Южной Америки. В современном мире в этих странах каждый день голодают около 800 млн. человек, а это приблизительно 15 % мирового населения. В Южной Азии голодает каждый четвертый, а в странах Африки, расположенных к югу от Сахары, — каждый третий. В абсолютном выражении больше всего людей страдает от голода в Индии – 233 млн. человек. В странах Африки, расположенных к югу от Сахары, хронически голодают 183 млн. человек, в Китае – 119 млн. человек, в остальных странах Азии – 74 млн. человек, в Латинской Америке – 55 млн. человек, и в арабских государствах – 32 млн. человек. Несмотря на достижения «зеленой революции», довольно сложная продовольственная ситуация сохраняется в Юго-Западной, Южной и Юго-Восточной Азии. По данным Всемирного банка в 1988-200 гг. в Демократической Республике Конго к категории недоедающих относилось 73% всего населения, в Бурунди – 69%, Эритрее – 58%, Непал – 48%. Несмотря на то, что средняя калорийность питания в этой группе государств выросла с 2000 ккал в конце 1960-х гг. до 2500 ккал/сутки в начале 1990-х гг., она все еще еле дотягивает до необходимой медицинской нормы и на 800-900 ккал отстает от среднего показателя развитых стран. Протеинов в этих странах также потребляют примерно вдвое меньше нормы.

Особенно острая ситуация создалась в Африке. По мнению специалистов, ее современное положение оценивается как критическое. Продовольственный кризис на этом континенте приобрел хронический характер в силу чрезвычайно низких доходов большинства населения (50-70% населения тропической части континента проживают за чертой бедности), очень высоких темпов роста населения, стихийных бедствий (засух, наводнений, нашествий саранчи), вооруженных конфликтов по этническим и религиозным причинам

За период с 1990 по 2000 гг. доля голодающего населения в развивающихся странах все же сократилась: с 21 до 18%. Вместе с тем, хотя доля голодающего населения сокращается, рост народонаселения приводит к тому, что в абсолютном выражении численность голодающих уменьшается медленнее.

В то время как одни страны страдают от недоедания, другие стремятся достичь лишь гармоничного рациона питания, а некоторые вынуждены даже бороться либо с излишками пищевых продуктов, либо с избыточным их потреблением. В связи с этим в последнее время в литературе особое внимание обращается на то, что в мире все больше людей переедают и имеют лишнюю массу тела, и в результате повышается их восприимчивость к болезням, понижается работоспособность и сокращается продолжительность жизни. Общее число переедающих оценивается в 600 млн. человек, в том числе только в США в эту категорию попадают 100 млн. человек, или более половины всех жителей страны в возрасте от 20 лет и старше. По данным экспертов 67 % немецких мужчин также имеют «лишний» вес, а 18,8 % - страдают от ожирения. Та же проблема встала и перед Великобританией и некоторыми другими европейскими странами.

На сложившуюся продовольственную ситуацию в мире оказывают влияние многие факторы: уровень социально-экономического развития страны, природно-географические условия и размещение населения конъюнктура на мировом рынке продовольствия, транспортная обеспеченность территории и др. факторы. К тому же в большинстве стран «третьего мира» отмечается низкий уровень развития производительных сил сельского хозяйства, его узкая аграрно-сырьевая специализация, бедность и малая покупательная способность основной массы населения. К тому же до сих пор приоритетное внимание в сельском хозяйстве развивающихся стран уделяется экспортным техническим культурам, а производство продуктов питания остается на уровне традиционных полунатуральных крестьянских хозяйств. Слабая материально-техническая база сельского хозяйства, зависимость от погоды, недостаточное применение органических и минеральных удобрений, отсутствие средств химической защиты растений, а также трудности в проведении мелиоративных мероприятий - это все порождает и низкую производительность труда в большинстве развивающихся стран (например, 1 работник, занятый в сельском хозяйстве в странах «третьего» мира кормит приблизительно только 2-х человек, тогда как в странах Европы – более 20, а в США – 80, в Бельгии и Нидерландах – и все 100 человек).

Решение глобальной продовольственной проблемы в современных условиях очень сложная задача, которая затрагивает и порождает массу других проблем. Рост производства продуктов питания сопровождается не только ростом экономических затрат, но и ростом экологической цены, которую платит человечество за возможность прокормить растущее население Земли. Это нашло свое выражение в возрастании необратимости воздействия сельского хозяйства и отраслей, с ним связанных, на окружающую среду и здоровье людей.

В настоящее время практически используется вся или почти вся пригодная для обработки земля. Распахивание новых, менее удобных площадей, приведет либо к удорожанию сельскохозяйственной продукции либо к отрицательным последствиям для окружающей среды. В условиях стабилизации площади пахотных земель темпы роста населения конкретной страны в решающей степени определяют возможность обеспечения своего населения продуктами питания, а степень этой обеспеченности почти полностью может быть обеспечена лишь за счет роста урожайности. В свою очередь использование интенсивных технологий в сельском хозяйстве обостряют проблемы ветровой и водной эрозии, которые приводят к падению плодородия на обширных площадях земной поверхности. Использование мощной техники на полях приводит помимо основных функций также и к уплотнению верхнего слоя почвенного покрова и, значит, тоже к падению урожайности. Согласно данным американского Института мировых ресурсов, деградация почв и их обеспеченности водой охватывает уже 16% мировых сельскохозяйственных угодий.

Кроме того, интенсификация сельскохозяйственного производства и выведение ряда высокоурожайных сортов пшеницы, риса, кукурузы сои и других культур, сборы которых в результате «зеленой революции» при использовании всего технологического пакета (удобрений, пестицидов, современных систем обработки и т.д.) увеличились в 2-3 раза, привели к замене ряда традиционных местных разновидностей сельскохозяйственных культур, что в конечном итоге привело к падению биоразнообразия в сельском хозяйстве, а значит и к падению биоразнообразия в природе.

Загрязнение вод и почвы в результате ведения сельского хозяйства, широкое использование минеральных удобрений и ядохимикатов способствуют повышению содержания в продовольствии веществ, отрицательно сказывающихся на здоровье людей. Целый ряд признаков нездоровья – аллергия, головная боль, депрессия, нервозность, быстрая утомляемость и другие – зачастую вызваны токсичностью потребляемых продуктов. По некоторым оценкам, от 60 до 80 % всех заболеваний раком является прямым результатом наличия химикатов в воздухе, воде и пище.

Значительны экологические последствия и «мясной революции», под которой понимается сдвиг в рационе питания городского населения в сторону увеличения потребления продукции животноводства. При рационе питания развитых стран, который принят за образец во многих других странах мира, и в котором на животноводческие продукты приходится около 30 % потребляемых калорий, значение животноводства резко возрастает. Данные изменения влекут за собой переориентацию сельского хозяйства в сторону животноводства и часть растениеводческой продукции идет не на питание людей, а на корм скоту, что в значительной степени снижает эффективность использования продукции растениеводства и в конечном счете приводит к обострению глобальной продовольственной проблемы. Кроме того, само животноводство на окружающую

среду влияет неизмеримо сильнее, чем полеводство. Так рост поголовья скота нуждается в расширении пространства для выпаса и кормах. Эта потребность оказалась смертельным приговором для значительной части тропических лесов. Например, в Центральной Америке с 1950 г. и до наших дней были превращены в пастбища 6 млн. га лесов. При этом за 10-15 лет пастбища Амазонии деградируют до невозможности их дальнейшей экономической эксплуатации, но до сих пор в странах региона не принято никаких мер и не создано никаких институтов, которые стимулировали бы владельцев ранчо вкладывать средства не в распахиwanie новых площадей, а в их восстановление. Слишком интенсивное использование пастбищ приводит к эрозии почв, снижению их природного плодородия и уплотнению. Такие последствия характерны и для многих стран Африки, где население не уделяет должного внимания восстановлению плодородия земель и животные содержатся на одних и тех же участках в течение длительного времени.

Развитие животноводства в развитых странах также имеет целый ряд проблем. Так в развитых странах крупные скотоводческие фермы выбрасывают в окружающую среду огромное количество продуктов жизнедеятельности животных, в которых наиболее важное место занимают метан и аммиак. Метан образуется при потреблении корма жвачными животными. Попадая в атмосферу, он усиливает парниковый эффект, особенно вокруг крупных городов. Этот газ действует в 25 раз сильнее, чем углекислый и, по оценкам, «обогащает» атмосферу более чем на 500 млн. т метана ежегодно. Все это свидетельствует о том, что животноводство выступает как один из факторов создания парникового эффекта.

Кроме того, вблизи мест с высокой концентрацией скота происходит загрязнение вод и почвы жидкими стоками и навозом, а также бактериальное загрязнение местности. Вступая в контакт с водой, экскременты животных, часто содержащие токсичные составляющие, такие как гормоны и тяжелые металлы, служат дополнительным негативным фактором, оказывающим влияние на окружающую местность.

Эти, далеко не полностью обозначенные проблемы взаимодействия связанных с сельским хозяйством отраслей и окружающей среды, свидетельствуют о значении глобальной продовольственной проблемы и необходимости объединения усилий всего человечества для ее решения.

Вода и канализация

Не менее важной проблемой современности для жизнедеятельности человека является проблема обеспечения населения **чистой питьевой водой и канализацией**.

Чистая вода и канализация – наиболее мощные движущие силы человеческого развития. Они расширяют возможности, повышают чувство собственного достоинства и помогают создать эффективный цикл улучшения здоровья и благополучия.

Те, кто живет в процветающих странах, лишь смутно представляют себе, как чистая вода способствовала социальному прогрессу на их родине. Немногим более ста лет назад Лондон, Нью-Йорк и Париж были рассадниками инфекционных болезней, и здоровье общества подрывали диарея, дизентерия и брюшной тиф. Детская смертность в то время была такой же высокой, как сейчас в странах Африки к югу от Сахары. Индустриализация дала толчок росту благосостояния и доходов и масштабным реформам в области водоснабжения и канализации. Чистая вода стала огромным достижением в ускорении прогресса. Наиболее продвинутые в социально-экономическом плане государства этого периода изыскивали финансовые возможности, разработали технологии и создали правовую основу, чтобы предоставить всем возможность пользоваться чистой водой и канализацией.

Новая инфраструктура разрубила связь между инфекционными болезнями и грязной водой. По расчетным данным одного исследования, именно очисткой воды объясняется почти 50 %-ное сокращение смертности в первой трети XX в. в США. В Великобритании распространение канализационных систем способствовало тому, что в течение четырех десятилетий после 1880 г. ожидаемая продолжительность жизни возросла на 15 лет.

Сегодня разные регионы мира обеспечены водой неодинаково. В процветающих странах чистую воду получают, лишь повернув кран. Уединенные и гигиеничные туалеты воспринимаются как нечто само собой разумеющееся и дети в богатых странах умирают не из-за того, что им отказано в стакане чистой воды. В тоже время около 1,1 млрд. чел. в развивающихся странах не имеют даже минимального количества чистой воды. Отсутствие доступа к воде означает, что люди берут ее в канавах, реках и озерах, загрязненных экскрементами человека и животных или используемых последними для питья. Это также означает отсутствие достаточного количества воды для удовлетворения самых элементарных человеческих потребностей.

Основные потребности колеблются, однако минимальное нужное человеку количество, составляет 20 л воды в сутки. Большинство из тех, кто отнесен к категории не имеющих доступа к чистой воде (а их насчитывается 1,1 млрд. чел.), использует около 5 литров в день, что составляет в среднем 1/10 дневного объема воды, который расходуется в богатых странах в туалетах со сливным бачком. В среднем жители Европы потребляют более 150 л, а в США – более 400 л. Когда житель европейской страны сливает воду в туалете или житель Америки принимает душ, он или она выливают воды больше, чем ее получают сотни миллионов обитателей городских трущоб или засушливых районов в развивающихся странах. Количество воды, капающей из неисправного крана у человека, живущего в процветающей стране, превышает ее объем, ежедневно доступный более чем для 1 млрд. чел.

Еще более широкое распространение имеет отсутствие доступа населения к услугам канализации. Около 2,6 млрд. чел., т.е. половина населения

развивающихся стран, не имеют возможности пользоваться элементарной канализацией. Не иметь доступа к канализации означает, что люди вынуждены испражняться в полях, канавах или пользоваться ведрами. «Летучие туалеты» в Кибере, одном из трущобных районов Найроби, столицы Кении, показывают, что значит жить без канализации. Из-за отсутствия туалетов люди испражняются в полиэтиленовые пакеты, которые затем выбрасывают на улицу. Отсутствие туалетов особенно тяжело сказывается на здоровье и безопасности женщин и молодых девушек.

Лишение воды и канализации влечет за собой многочисленные последствия. Около 1,8 млн. детских смертей ежегодно происходит вследствие диареи, а это 4900 случаев смерти ежедневно, что равно населению в возрасте до 5 лет в Нью-Йорке и Лондоне, вместе взятых. Сочетание грязной воды и отсутствие канализации – второй по количеству жертв убийца детей в мире. Например, в 2004 г. от диареи погибло в шесть раз больше, чем в среднем гибло ежегодно в вооруженных конфликтах в 90-х годах. Поражает и тот факт, что в развивающихся странах в каждый конкретный момент половина населения страдает оттого или иного заболевания, связанного с нехваткой воды или отсутствием канализации, а миллионы женщин и девушек проводят по несколько часов в день, нося воду из дальних водоемов.

К этим человеческим издержкам можно добавить и огромные экономические потери, связанные с дефицитом воды и канализации. Эти издержки не поддаются измерению, однако новое исследование, предпринятое для Доклада о развитии человека 2006 года, выявило огромные потери производительности труда, рабочего времени, национального дохода, рост затрат в сфере здравоохранения, которые несут некоторые из беднейших стран мира.

Например, Африка к югу от Сахары теряет 5% ВВП, т.е. примерно 28,4 млрд. долл. в год из-за дефицита воды и канализации. Эта цифра превышает общие потоки помощи и сумму сокращения долга в этом регионе в 2003 г. Водопровод в доме в среднем имеют около 85% наиболее состоятельного и только 25 % наиболее бедного населения региона.

Кризис чистой воды и канализации – это кризис, касающийся, прежде всего, бедных. Двое из трех людей, лишенных чистой воды и канализации, это почти во всех случаях те, кто живет менее чем на 2 долл. в день, а каждый третий – менее чем на 1 долл.

Абсурдность ситуации, характерной для большей части развивающихся стран, усиливается еще и тем, что неимущие жители не только получают меньший доступ к воде вообще и к меньшему ее количеству, но и платят за нее одну из самых высоких цен в мире. Данную ситуацию характеризуют следующие яркие примеры. Обитатели трущоб в Джакарте (Индонезия), Маниле (Филиппины) и Найроби (Кения) платят в пять-десять раз больше за единицу воды, чем жители богатых районов этих же городов, и больше, чем потребители в Лондоне или Нью-Йорке. Самые бедные 20% хозяйств в Сальвадоре, на Ямайке и

в Никарагуа в среднем тратят за воду более 10% своего дохода, а если в Великобритании оплата коммунальных услуг превышает 3% дохода, то это рассматривается как пороговое значение очевидных финансовых затруднений.

Эти факты свидетельствуют, что большинство нуждающегося населения и в дальнейшем не смогут самостоятельно профинансировать подключение к системам водоснабжения и канализации, поэтому решение этого важнейшего вопроса должно рассматриваться на уровне правительственных решений.

Любые эффективные меры, а также инвестиции в области водоснабжения и канализации могут обернуться для государства большой выгодой. Вода и канализация находятся среди важнейших профилактических средств, которыми располагают государства, чтобы сократить масштабы инфекционных заболеваний. Кроме того, каждый доллар, потраченный на этот сектор, предотвращает затрату в среднем еще восьми долларов и влечет за собой рост производительности труда, повышает эффективность экономики

Проблема ВИЧ (СПИДа)

Глобальной трагедией человечества является и проблема **различных болезней**. Из них самыми тяжелым и масштабным является проблема **ВИЧ/СПИДа**. Эпидемия ВИЧ-инфекции СПИДа не имеет прецедентов в мировой истории. Она сопровождает нашу жизнь на протяжении 20 лет. Но худшее еще впереди: многие миллионы людей будут инфицированы, многие миллионы умрут, и еще больше миллионов детей останутся сиротами. В зоне риска находятся не только отдельные люди – но и социальное устройство общества в целом. Вероятно, эта болезнь будет нашим бедствием на протяжении всей нашей жизни. Ее не удастся обуздать – наоборот, эпидемия растет, захватывая новые регионы, а в некоторых местах распространяется даже быстрее, чем в предыдущие годы. Средства СМИ сообщили, что в 2008 г. общее количество инфицированных ВИЧ, составляет 3,3 млрд человек (т.е. половина человечества), и ежедневно заражается еще до 1 тыс. человек. В отличие от других эпидемий, эпидемия ВИЧ/СПИДа прежде всего поражает молодежь, особенно женщин. Она порождает и усугубляет бедность. Самые жестокие удары наносит там, где отсутствует образование, но широко распространены болезни, недоедание, насилие, военные конфликты и дискриминация. И хотя в основном она поражает бедные и социально неблагополучные группы, от нее серьезно страдают образованные и квалифицированные – то есть те, кто вносит самый большой вклад в экономическое и социальное развитие.

ВИЧ/СПИД связывает смертоносными узами все сферы мирового развития. Эпидемия не только замедляет его, она служит причиной отката назад, разрушая производительные мощности и увеличивая пропасть между богатыми и бедными.

Эпидемия оказывает сокрушительное воздействие на экономику двумя путями. Во-первых, за счет уменьшения производительности труда из-за потери наиболее продуктивной части населения в самые продуктивные годы их жизни. Во-вторых, увеличивает бремя расходов на лечение и уход за больными, а также

на заботу о сиротах. СПИД перечеркивает десятилетия инвестиций в образование и развитие человеческого потенциала. В последующие 20 лет в странах африканского континента, расположенных к югу от Сахары, уровень экономического роста может замедлиться на 25%.

Сегодня Африка к югу от Сахары является наиболее пострадавшим от эпидемии регионом мира с эпицентром в южных странах. К концу 2006 г. по региону в целом частота инфекции среди наиболее продуктивного взрослого населения в возрасте от 15 до 49 лет составляла более 10 % по сравнению с 0,4 % для остального мира. Это означает, что в среднем один из 10 взрослых, живущих в странах к югу от Сахары, ВИЧ-положительный. По различным оценкам к концу 2006 г. 26,6 миллионов людей в Африке жили с ВИЧ/СПИДом. Важной характеристикой болезни является и то, что она поражает людей всех экономических классов и самый тяжелый удар наносит по продуктивной группе в возрасте от 15 до 50 лет. Кроме того, согласно оценкам, в 2002 г. из 13 миллионов ВИЧ-положительных молодых людей, 3 миллиона были моложе 15 лет.

Постоянный рост ВИЧ/СПИДа в наиболее пострадавших от эпидемии африканских странах уже вызвал серьезный откат назад в их экономической и социальной областях, а также в области безопасности. Болезнь сводит на нет достигнутые с таким трудом успехи в развитии и наносит непоправимый урон планам на будущее. И худшее еще впереди. Несмотря на принятие соответствующих мер, в частности, проведение широких мероприятий по профилактике, эпидемия будет распространяться и дальше, угрожая устойчивому развитию Африки. Обеспечение доступа к лечению и уходу людям, живущим с ВИЧ, еще одна проблема, стоящая перед правительствами африканских стран.

Перечисленные проблемы, такие как продовольственная, проблема обеспечения чистой водой, борьба с различными тяжелыми заболеваниями – это лишь малая доля тех проблем, которые сегодня стоят перед населением не только большинства слаборазвитых государств, но всем населением планеты. В определенной степени решение этих проблем связано с негативным воздействием многих составляющих на окружающую среду.

ГЛАВА 13 СТАНЕТ ЛИ ЗЕМЛЯ НАСТОЯЩИМ ДОМОМ ДЛЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА ИЛИ ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАТАСТРОФА ПРЕРВЕТ СУЩЕСТВОВАНИЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ НОМО SAPIENS

заключительная, из которой мы узнаем, куда идет человечество, попробуем рассмотреть варианты его развития. Также в ней представлены мнения экологов-оптимистов и экологов-пессимистов. В заключение рассмотрим, что нужно делать, чтобы

планета Земля стала нашим настоящим домом и была сохранена для потомков.

История биосферы показывает, что почти 4 млрд. лет она преодолевала все потрясения: гасила последствия мощнейших вулканических извержений, падений крупных небесных тел, переходила на новые уровни устойчивости в условиях оледенений и безлесной Земли, а также при объединении и распаде материков, всегда стабилизируя окружающую среду и удерживая ее в диапазоне, приемлемом для жизни. Возможно, что в прошлом возникали виды - разрушители, но природа, по-видимому, отсекала их, а исчезнувший вид, как показывает палеонтология, уже никогда не появляется вновь. Нет никаких оснований полагать, что законы существования и развития биосферы отменены для человека. Поэтому, если человек разумный не предпримет мер для своего спасения в условиях вызванных его усиленными экологической катастрофы, то природа найдет способ избавиться от этого вида. Этого можно избежать, если встать на путь разумных сбалансированных действий в рамках биосферной концепции устойчивого развития, которая основана на законах физики, химии и биологии, этики и философии.

Стратегии мирового развития с учетом экологических ограничений

Обусловленные техногенной деятельностью изменения природной среды бумерангом вернулись и к их первопричине — человеку, стали негативно сказываться на самых различных сторонах общественной жизни, вызывать всевозможные коллизии социального характера. Это обстоятельство обусловило настоятельную необходимость глубокого и всестороннего осмысления современного состояния системы «общество—природа», нахождения путей гармоничного сочетания природопользования и природосбережения. Ниже приводится обзор современных концепций мирового развития.

Система «природа-общество»: основные концептуальные положения и законы. Анализ всего предшествующего общения человека и естественной среды его обитания позволили выделить следующие **основы экологической доктрины** (доктрина - руководящий теоретический принцип):

1. Природа и общество составляют единую взаимосвязанную систему, где естественные связи человека и среды его обитания органически переплетаются с социальными связями.
2. Система **«природа—общество»** состоит из двух подсистем, соответствующих двум формам взаимодействия общества и природы — использованию и охране природной среды. Экономическая подсистема направлена на использование, потребление, преобразование природы человеком. Ее задача - обеспечить удовлетворение экономических интересов общества. Вторая подсистема — экологическая, она выражает экологические интересы человека, следовательно, и всего общества в чистой здоровой, продуктивной и многообразной окружающей природной среде.

3. В центре системы *«природа - общество»* стоит человек, выступая при этом одновременно и как субъект воздействия на природу в результате своей практической деятельности (в экономической подсистеме), и как объект, испытывающий обратное воздействие природы (в экологической подсистеме).

4. Экономические интересы, выраженные экономической подсистемой, и экологические, проявляемые в рамках экологической подсистемы, едины по своей социальной направленности, так как все они призваны обеспечить **качество жизни человека**. Однако такое единство противоречиво. С объективной стороны, противоречия такого рода суть следствия постоянного экономического воздействия на природную среду, потребления и использования ее ресурсов. Подобное воздействие вносит отрицательные элементы в содержание экологической функции, выполняемой природой, путем ее попутного загрязнения, истощения и разрушения ее элементов. В субъективном отношении такие противоречия возникают из-за пренебрежения человеком законами развития природы.

Система «природа — общество» развивается по диалектическим законам, предполагающим единство и взаимосвязь естественного и социального мира. Эти законы равно распространяются как на экологические, так и на экономические отношения.

Закон единства и взаимосвязи природной среды требует учитывать интересы ее охраны, как при эксплуатации природных ресурсов, так и в процессе принятия мер природоохранительного содержания. При решении отдельной проблемы охраны или использования природной среды необходимо учитывать в комплексе все факторы, способные оказать воздействие на нее.

Важное значение для охраны природной среды имеет закон ***обязательного перехода количественных изменений в коренные качественные изменения***. Постепенное загрязнение среды на определенном этапе может привести к коренным качественным ее изменениям, при котором экологическая среда превратится в зону, опасную для здоровья человека, для растительного и животного мира.

Третий закон диалектики отражает ***единство и борьбу противоположностей***. Во взаимоотношениях с природой в качестве противоборствующих сторон здесь выступают две категории интересов общества: экономические интересы общества в удовлетворении своих материальных потребностей и экологические интересы человека и всего общества в чистой и здоровой для жизни окружающей среде. Противоречие между этими интересами существовало всегда, так как удовлетворение материальных потребностей неизбежно влечет за собой ущемление биологических средств удовлетворения интересов человека. Доведение этих противоречий до критической точки, до антагонизма приводит к состоянию экологического кризиса, заводит общество в экологический тупик.

Следующий закон диалектики — **отрицание отрицания** можно истолковать в широком смысле как борьбу нового со старым, как отрицание новым старого на пути движения вперед, и в узком смысле — как отрицание человеком в результате своей нерациональной деятельности в природе самого себя, смысла своего существования в будущем. Человек, развивая хозяйство без соблюдения экологических интересов, отрицает свое существование, отрицает самого себя.

Социоприродные законы. Важной задачей современной экологии является установление качественно новых типов законов, которые отражали бы взаимосвязь общества, техники и природы в масштабах единой системы — **социоприродных законов**. Они могут быть подразделены на законы *экорегресса*, игнорирование которых ведет к разрушению биосферы и гибели человечества, и *экопрогресса*, способствующие, напротив, поддержанию устойчивости геосистем.

Примером первых законов служит закон **развития природной системы за счет окружающей среды**: любая природная система развивается только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Данный закон имеет большое теоретическое и практическое значение благодаря основным следствиям, вытекающим из него:

1. Абсолютно безотходное производство невозможно, так как оно было бы равнозначно созданию «вечного двигателя». Представление о том, что биосфера «работает» по принципу безотходности также следует признать ошибочным, поскольку в ней всегда накапливаются выбывающие из биологического круговорота вещества, формирующие осадочные породы.
2. Любая высокоорганизованная биотическая система, которая использует и видоизменяет среду жизни, представляет потенциальную угрозу для более низкоорганизованных систем. Отсюда следует принципиальной важности вывод: **в земной биосфере повторное зарождение высокоорганизованной жизни вряд ли возможно — она будет уничтожена существующими низшими организмами.**
3. Биосфера Земли как система развивается не только за счет ресурсов планеты, но опосредованно за счет и под управлением космических систем (естественно, прежде всего Солнца).

Весьма полезно знать и **принцип неполноты информации** (принцип неопределенности): при проведении акций (особенно крупномасштабных) по преобразованию природы имеющаяся информация всегда недостаточна для априорного (независимого от опыта) суждения о всех возможных последствиях (особенно в далекой перспективе) осуществляемого мероприятия.

Данный принцип обусловлен чрезвычайной сложностью природных систем, их уникальностью и неизбежностью формирования ответных природных цепных реакций, направление которых весьма трудно предсказать. Поэтому с целью уменьшения степени неопределенности необходимо дополнять математическое моделирование исследованиями в природных условиях, натурными

экспериментами и выяснением естественной динамики природных процессов. Такой подход особенно важен при экспертизе крупных проектов преобразования природных систем, которые затрагивают интересы населения различных регионов, а также основы жизнедеятельности многих видов растений и животных.

К законам экопрогресса можно отнести правило «мягкого» управления природой: «мягкое» (опосредованное, направляющее, восстанавливающее экологический баланс) управление природными процессами способно вызвать желательные (положительные) цепные реакции и потому социально - экономически предпочтительнее «жесткого» техногенного.

Американский эколог Б. Коммонер, обобщив положения биоэкологии и изучив опыт человечества в области природопреобразующей деятельности, сформулировал ряд социально-экологических законов (афоризмов) выделив из них 4 основных:

- 1. Всё связано со всем.**
- 2. Все должно куда-то деваться.**
- 3. Природа знает лучше.**
- 4. Ничто не дается даром.**

Очевидно, что вышеприведенные законы не охватывают все стороны взаимодействия общества и природы. Тем не менее, будучи простыми, по форме, но глубокими по содержанию, они закладывают основу нравственного отношения к природе.

Осознание катастрофичности сложившегося типа экономического развития, конечности природных ресурсов и взаимозависимости всех эколого-экономических процессов на нашей небольшой планете явилось причиной начала разработки концепций мирового развития. Особенно активно эти разработки начались в развитых странах Запада, где уже в 70-е годы XX века развитие производства стало наталкиваться на ограниченность природных ресурсов.

К сожалению, путь развития, по которому сейчас идет все современное человечество, не в состоянии обеспечить экологическую устойчивость человечества. Это было осознано на Всемирном саммите по устойчивому развитию (ВСУР) в г. Йоханнесбурге в августе-сентябре 2002 г., подтвердившем необходимость перехода к устойчивому развитию. Этот вывод конкретизировался в официальных документах ВСУР: «Йоханнесбургской декларации по устойчивому развитию» и «Плане осуществления (выполнения) решений на высшем уровне».

Именно этот план в отличие от аналогичного документа «Повестки дня на XXI век» — впервые установил временные параметры движения мирового сообщества по пути устойчивого развития. Из официальных документов ВСУР следует, что практическую реализацию перехода к устойчивому развитию всего человечества предполагалось начать с 2005 г. Именно к этому времени государства, входящие в ООН, должны были подготовиться в концептуально-стратегическом и организационно-управленческом плане к реализации новой

цивилизационной парадигмы, т. е. создать концепции, планы действий, стратегии, программы, органы (службы, советы и т. п.) для того, чтобы реализовать новый для мирового сообщества курс социально-экономического развития. А десятилетие (2005—2015 годы) стало бы, по решению ВСУР, декадой начала перехода к обществу устойчивого развития. Обозначены в Плане ВСУР и ряд других сроков, например, к 2015 г. предполагается уменьшить вдвое число людей планеты, не имеющих необходимых санитарных условий и доступа к чистой питьевой воде, восстановить устойчивое рыболовство, снизить темпы потери биоразнообразия и т. д.

Термин **«устойчивое развитие»** получил широкое распространение после публикации доклада, подготовленного для ООН в 1987 г. специально созданной в 1983 г. Международной комиссией по окружающей среде и развитию, издавшей книгу «Наше общее будущее». В русском издании этой книги английский термин «sustainable development» переводится как «устойчивое развитие», хотя имеются и другие его значения — поддерживаемое, длительное, непрерывное, подкрепляемое, самоподдерживаемое, сбалансированное, защищенное (развитие).

Очевидно, что все завоевания цивилизации без решения проблем окружающей среды поставлены под угрозу уничтожения. Они могут исчезнуть потому, что все человечество будет ввергнуто в пучину планетарной экологической катастрофы, поскольку богатства природы, способности самовосстановления биосферы окажутся полностью исчерпанными. Стало также очевидно, что необходимо коренным образом изменить стратегию развития человечества и даже сам способ жизнедеятельности (образ жизни) каждого человека, провести самые кардинальные за всю историю цивилизационные трансформации, которые обеспечили бы выживание человечества в третьем тысячелетии.

Весь мир стоит на пороге не менее, а, может быть, и более фундаментальной — третьей (после аграрной и индустриальной) цивилизационной революции. Стратегия устойчивого развития не может быть выработана, исходя из традиционных общечеловеческих представлений и ценностей, стереотипов мышления. Она требует разработки новых научных и мировоззренческих подходов, соответствующих не только современным реалиям, но и предлагаемым перспективам развития системы «общество — природа».

Следует отметить, что многие известные ученые скептически относятся как к идее, так и стратегии устойчивого развития. Так, согласно мнению академика Н.Н. Моисеева, не может быть чисто технологического пути преодоления экологических кризисов. Прежде всего должна быть изменена шкала человеческих ценностей и даже сам процесс развития человечества, которое ныне идет по пути потребления. Процесс глобализации, происходящий в мире под фактическим управлением США, только усиливает экологический кризис, постепенно переходящий в кризис цивилизации, углубляет пропасть между богатыми и бедными странами. Другие ученые, считая концепцию устойчивого

развития опасным заблуждением, своего рода успокоительной пилюлей для встревоженной общественности, тем не менее полагают, что накопленный интеллектуальный капитал может остановить разрушение природы. Для этого должен неукоснительно выполняться принцип динамично сбалансированного развития триады «экономика — природа — общество». Кто прав — покажет будущее.

Цивилизационная революция XXI века

Главная опасность техногенеза — внесение в круговорот веществ, несвойственных природе, разрывающих замкнутый цикл или искажающих процесс круговорота веществ. Вредные воздействия могут происходить не только от введения в круговорот чуждых природе веществ (яды, убивающие редуцентов, вредное воздействие на развитие продуцентов, разрыв в цепи консументов и т. д.), но и введение в круговорот энергий, количественно несвойственных природе в целом или конкретному компоненту окружающей среды.

Академик А.В. Сидоренко указывает три основные причины загрязнения и разрушения окружающей среды и истощения природных ресурсов в результате техногенной деятельности из-за: 1) простого нарушения количественного равновесия между потребностью в природных ресурсах и фактическим их изъятием из естественного круговорота; 2) чрезмерного техногенного воздействия на природную среду, превышающего критические пороги антропогенной нагрузки на данный природный комплекс; 3) игнорирования или нарушения экологических принципов в извлечении и воспроизводстве природных ресурсов.

Основные черты цивилизационной революции.

Ушедший век оказался веком грандиозных социальных перемен и потрясений, экономических и экологических изменений. Всего за одно столетие человечество увеличило свою численность в 6 раз, а темпы роста экономики более чем в 300 раз. Следует подчеркнуть, что основным и единственным источником этого беспрецедентного роста явились природные ресурсы, биоресурсы, природа Земли, многие из которых оказались невосполнимыми, а подчас и безвозвратно потерянными. При этом в общем загрязнении среды обитания человечества 80-85% приходится на промышленно развитые страны (Германия, США, Англия Франция и др.), хотя их население составляет лишь 20% от мирового.

Основным следствием хозяйственной деятельности человека служит нарушение им естественных экосистем. На нарушенных территориях (табл.) не успевает восстанавливаться устойчивое состояние, идет непрерывный распад органического вещества, нарушен нормальный сбалансированный оборот биогенных веществ, что вынуждает затрачивать дополнительную энергию для его поддержания и для очистки окружающей среды.

На Земле осталось (за вычетом ледников и скал) около 50 млн км² ненарушенных территорий. В наибольшей степени экосистемы нарушены в Европе, Северной Америке и частично в Азии (табл. 13.1). Во многих странах

этих регионов сельскохозяйственные угодья, населенные пункты и хозяйственная инфраструктура занимают от 40 до 80% их территории. Это относится к США, Великобритании. Японии и другим странам.

В Северном полушарии сформировались три центра экологической деградации, тесно связанных с ростом плотности населения: Североамериканский (США, Мексика, частично Канада) — 6 млн км²; Европейский (Западная, Центральная и Восточная Европа со странами Балтии, Европейская часть России) — 7 млн км²; Азиатский центр (Индостан, Китай без Тибета, Япония, Корея, Филиппины, Цейлон, Бирма, Малайзия) — 7 млн км²

Таблица 13.1

Площади континентов (суша) с нарушенными экосистемами

Континент	Общая площадь, млн км ² (примерно)	Территория, %		
		ненарушенная	частично нарушенная	нарушенная
Европа	9	15	20	65
Азия	53	43	27	30
Африка	34	50	35	15
С. Америка	26	56	18	25
Ю. Америка	20	62,5	22,5	15
Австралия	8,5	62	26	12
ИТОГО	162	~48	~25	~27

Согласно прогнозам, ожидается дальнейшее сокращение площади естественных систем со скоростью 0,5—1,0% в год. В перспективе до 2030г. эта тенденция сохранится, если не будут приняты соответствующие меры. Отметим, что к началу 90-х годов XX века сохранилось лишь около 40% общей площади естественных экосистем. Так, в Нидерландах, стране с самым большим вложением энергии в единицу площади, территория полностью перестроена и естественных экосистем не осталось.

Библейский сценарий «конца света».

Уже в «Откровении святого Иоанна Богослова» приходу «великого дня гнева» Божия (т.е. конца света и Страшного суда) предшествуют войны, сеющие смерть, и катастрофа глобального масштаба, повлекшая за собой необратимые изменения не только лика Земли, но и Вселенной. Образами, воплощающими гибель человечества и оценку его деяний, являются всадники на разномастных конях: белом, рыжем и вороном. Первый из всадников вооружен луком и «вышел он как победоносный, и чтобы победить»; в руках второго — большой меч, и его приход знаменует массовое кровопролитие (ему «дано взять меч с

Земли, и чтобы убивали друг друга»); в руках третьего – мера, позволяющая взвесить жизнь и судьбу каждого. И наконец, как закономерный итог, на бледном коне появился четвертый «всадник, которому имя смерть; ... и дана ему власть над четвертою частью Земли – умерщвлять мечом и голодом, и мором и зверями земными».

Поистине внушают ужас картины гибели Вселенной, которая следует за войной, охватившей четвертую часть Земли. В отличие от всемирного потопа, в ходе которого биосфера планеты не погибла полностью, так как жизнь продолжалась и в воде, и в воздухе, что оставляло возможность для дальнейшего эволюционного развития, описанная в Апокалипсисе катастрофа такой надежды не оставляет: «...произошло великое землетрясение, и солнце стало мрачно, как власяница, и луна сделалась как кровь; и звезды небесные пали на землю как смоковница, потрясая сильным ветром, роняет незрелые смоквы свои; и небо скрылось, свившись, как свиток; и всякая гора и остров сдвинулись с мест своих» (гл. 6). В ярких, зримых образах рисуется катастрофа глобального масштаба, где разрушение сфер Земли сопровождается (или вызывается – это неясно) космическими катаклизмами. Земля лишается энергии Солнца, что влечет за собой необратимые изменения природной среды: погибла растительность, отравлены воды и воздух, уничтожены моря, погибла жизнь в них. И вновь экологическая трагедия дополняется войной, что приводит к гибели третьей части населения, и только после этого перед непокаявшимися людьми появился седьмой ангел и возгласил, «что времени уже не будет» (гл. 10).

Далее повествуется о Дне Гнева, предсказанном Священным писанием дне Божьего суда. Страшную картину видит спустившийся на Землю в окружении ангелов Иегова: «Куда ни глянь – лишь безжизненная пустыня, а на месте океанов зияющие полости, такие же сухие и пустынные, как и все вокруг». Не было на поверхности Земли ни дерева, ни травинки, ни «источников вод» – и ни одного живого существа. Лишь Бог и семь ангелов шли по выжженной пустыне под свинцово-жестким небом.

Господь воззвал к мертвым, призывая их на суд, «но мертвые не восстали». Тогда он приказал заговорить камням, и на них появились слова: «МЫ БЫЛИ ЗДЕСЬ, ГДЕ ЖЕ БЫЛ ТЫ?»

Писатели-фантасты о грядущей катастрофе.

Писатели-фантасты всей системой художественных образов убедительно доказывают, что судьбы человеческой цивилизации – в руках самих людей. От их человечности, мудрости, сдержанности к взаимопониманию и самоограничению зависит, останутся ли на Земле шелест листвы и цветение сливы, рулады лягушек и звонкие трели малиновки, детский смех и шепот влюбленных или она превратится в выжженную пустыню под мрачным небом.

В качестве эпиграфов, концентрированно выражающих основную мысль второго тезиса, могут быть взяты строки из «Бхагавад-гиты»:

Если блеск тысяч солнц
Разом вспыхнет на небе,
Человек станет Смертью,
Угрозой Земле –

или из стихотворения А. Вознесенского «Сон»:

Червь, человек, короед,
Какую ты сожрал планету!

«Последняя пастораль» А.Адамовича может быть отнесена к жанру экологических антиутопий. Повесть – предупреждение, она была задумана и в основном написана до аварии на Чернобыльской АЭС, но как бы провидит ее последствия для всего живого на планете, предвосхищая ее трагический опыт.

А.Адамович вводит библейские образы для усиления общечеловеческого звучания повести – ведь перед нами разворачивается последняя страница Книги Бытия. Действующие лица повести не имеют имен. Это командир советского подводного атомохода, рассказчик; американский астронавт –Третий; женщина – Она, которой отведена роль новой Евы, праматери будущего человечества. Мужчины же именуются Каинами или Всекаинами: даже в ситуации дуэли ни один из них – пусть мысленно – не состязен с Авелем: оба они Каины. Постоянно присутствует Автор, драматург «свой пьески», который создал, а затем допустил уничтожить мир, а теперь с интересом наблюдает за последними оставшимися в живых.

А.Адамович не скрывает, что в повести анализируется модель поведения людей в экстремальных условиях экологической катастрофы: «А может, мы для этого и оставлены (каким-нибудь Автором какой-нибудь пьески), чтобы проверить лабораторно: есть ли смысл и надежда, не кончится ли все тем же?» События «Последней пасторали» происходят на острове – в пятке воронки ядерного взрыва; окружающая среда неузнаваемо изменилась: вокруг острова пронизанные молниями трепещущие стены мрака; небо, как крышка от колодца, где по кругу ходят солнце и звезды; луны нет. На острове попеременно появляются и исчезают пауки, трехголовые крысы и другие монстры.

Геоэкологические проблемы будущего и пути их разрешения.

Взаимоотношения общества с окружающей средой описываются следующими моделями и концепциями: природоохранной деятельности, технократического оптимизма, экологического алармизма, паритета между природой и обществом.

Природоохранная концепция. Есть основание предполагать, что на самых ранних этапах общественного развития люди, полностью зависящие от окружающей их природы, понимали необходимость рационального использования окружающей среды. Китайские древние письмена донесли до нас сведения о правилах сбора и обработки даров природы в VII— V веках до н.э., а в бронзовую эпоху здесь были узаконены правила ведения горных работ и охрана некоторых объектов

природы. Известен трактат вавилонского царя Хаммурапи о регулировании процесса лесопользования вплоть до заготовки древесины (XVIII в. до н.э.). Охрана лесов отличала законы в Индии (III в. до н.э.), Греции (V в. до н.э.). Король Польши Сигизмунд I (XVI в.) издал указ о организации охраняемых территорий (Беловежская пуша). Считают, что в России начало заповедникам положил известный заповедник, организованный в 1874 г. Ф.Э. Фальцфейном, который впоследствии был переименован в заповедник Аскания-Нова. Петр I издал специальный указ об охране лесов. При Русском географическом обществе в XIX в. действовала природоохранительная комиссия, возглавляемая географом Д.Н. Анучиным, который научно обосновал природопользование и предложил для использования термин «антропосфера».

Во второй половине XX в. обострились проблемы природопользования, общество никогда еще до этого не было столь сильно оснащено технически. Противостояние между обществом (техникой) и природой было не в пользу последней. В то же время охрана природы становится самостоятельной отраслью научных исследований. Работы по охране природы интегрируются наукой геоэкологией на макрорегиональном уровне. Разрабатываются программы по охране и защите отдельных территорий и даже отдельных частей геосфер.

Концепции алармизма, технократического оптимизма. Научные направления возникли вследствие научно-технического прогресса, при котором общество «вдруг» удостоверилось в огромных объемах использования природы и природных ресурсов и уроне, нанесенному обществом окружающей среде. Данное течение в науке получило название алармизма (от англ. alarm – тревога, страх). В течение 20 лет американские ученые Денис и Донелла Медоуз работали над проблемой глобальных кризисов природопользования и путей выхода общества из складывающегося безвыходного положения (по заданию Римского клуба, состоящего из промышленников и ученых). В 1992 г. была опубликована их совместная работа «За пределами роста», в которой предложены три сценария возможного развития общества, каждый из которых может проявиться самостоятельно:

- первый; в случае истощения природных ресурсов неизбежно замедлится промышленное и сельскохозяйственное производство с последующим падением численности населения Земли, произойдет экологическая катастрофа;
- второй; организация эффективной защиты природной среды обеспечит более форсированный рост народонаселения, вызовет нехватку пахотных земель и, как следствие, экологический кризис;
- третий; при практически неограниченных природных ресурсах неизбежно прогнозируется гибель цивилизации от загрязнений.

Авторы предложили три модели, по которым может произойти выбор человечества. По первой модели конечный мир не имеет пределов, в случае выхода за эти пределы наступает экологическая катастрофа. По второй модели: пределы окружающего мира существуют, они уже близки и люди обязаны контролировать свое потребление природных ресурсов. В противном случае наступит истощение природы и, также как и в первой модели, катастрофа. По третьей модели, также как и по второй, пределы существуют, они близки, но общество должно облагоразумиться, найти в себе силы, средства и не прожигать попусту время, а заняться всерьез благоустройством окружающей среды и мира. Третья модель получила название «технократический оптимизм» и в соответствии с ней у мира есть шанс сохраниться.

Концепция паритета между природой и обществом. Название этой концепции говорит само за себя. Общество должно найти в себе силы и разум и разработать принципы устойчивого развития окружающей среды. Наиболее емко эту концепцию подчеркнул заключительный документ конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г.: «Существование общества и природы возможно только в виде научно обоснованного компромисса между ними». Еще раз остановимся на понятии «устойчивое развитие», предложенном в книге «Сохранение Земли. Стратегия устойчивой жизни» (1991). Это «улучшение качества жизни людей, проживающих в пределах несущей емкости поддерживающих экосистем. Устойчивая экономика - продукт устойчивого развития, она поддерживается ресурсной базой и развивается путем адаптации и через развитие знаний, организацию, техническую эффективность и мудрость».

В работе «Экологические проблемы: Что происходит, Кто виноват и что делать?» Ю.М. Арского с соавторами, вышедшей в 1997 г., показано, что мировое сообщество уже осознало важность проблемы разрушения экосистем и пришло к сознанию необходимости сохранения биоразнообразия экосистем, устойчивого развития биосферы. К.С. Лосев (2001), А.Г. Исаченко (2003) и В.М. Разумовский (2005) указывают на разумность и умеренность в использовании ресурсов окружающей среды и рассматривают существующие технологии только как один из элементов решения экологических проблем и устойчивого развития. К сказанному нужно добавить, что проблема устойчивого развития природы видится в комплексном ее использовании, т.е. решение текущих экологических задач макрорегионов находится на путях познания закономерностей развития компонентов природы, в том числе и техногенного генезиса.

В результате многовекового хозяйствования общества в окружающей среде сформировалась оболочка - техносфера. Основной причиной образования техносферы считается нерациональное природопользование в период первой технической и второй научно-технической революции.

В настоящее время развивается обширный комплекс исследований взаимного воздействия человеческого общества и окружающей среды, названный американцем Х. Берроузом еще в 20-ых гг. XX в. экологией человека. Актуальность и диапазон проблем нового научного направления не вызывали сомнения исследователей. Но развитие техники и технологии в XX в. шло такими опережающими темпами, что наряду с экологией человека появились многочисленные природоохранные экологические и геоэкологические дисциплины, связанные с изучением функционирования различных компонентов окружающей среды. Возникло мнение, что человек вполне овладел материальной составляющей геосфер земли и процессами, происходящими на границах этих геосфер, «заставил» техносферу работать на общество, но тем самым он вызвал ответную реакцию искусственной среды на это воздействие. Сложилась парадоксальная ситуация - человек стал защищаться от выращенного им «монстра» - техносферы с помощью научного направления - экологии человека. Очевидно, здесь уместно будет восклицание авторов в книге «Кто виноват и что делать?». На человека стали оказывать влияние две силы: природные (стихии и процессы - вулканы, землетрясения, цунами, оползни, обвалы, сели, наводнения и др.) и техногенные (аварии на транспорте, на нефте- и газопроводах, предприятиях, зараженность почв, воды, воздуха металлами, мусором, ядохимикатами и др.)

Следует признать тревогу многих исследователей о большой мощности технических систем и процессов, порой преобладающих над природными. Техническая составляющая взаимодействия общества и природы была введена в методологический аппарат практически всех экологических и геоэкологических исследований к направлению в учении об окружающей среде и месте в ней человека (экология человека). Например, Ю.А. Израэль считает, что взаимодействие человека с окружающей средой складывается практически из различных видов техногенного воздействия на нее. Он выводит влияние естественных факторов на жизнь и хозяйственную деятельность человека за рамки экологии.

К числу наук, составляющих отрасли знания, изучающие состав и структуру техногенеза, относится геоэкология, а также направления по охране природы, конструктивная география, по И.П. Герасимову, медицинская и мелиоративная география, геоглобалистика с позиции В.П.Максаковского, геотехнология, инженерная геология, геоморфология, почвоведение и др. Ряд наук имеет довольно продолжительную историю и разработанный методологический аппарат, а многие характеризуются единицами публикаций и начальной стадией формирования как науки (например, техногенез в открытом космосе, или космическая экология и др.).

Развитие городов в XXI столетии

Города всегда были центрами культурной деятельности, источником новых идей и технологий, которые улучшали и удешевляли жизнь населения. Только в донеолитовый период расселение людей было более или менее равномерным по отношению к продуктивности окружающей среды — ландшафтов, лесов, озер, побережий морей. С увеличением количества людей, уменьшением природных ресурсов вокруг их поселений, с появлением земледелия, ремесел, торговли стали возникать крупные поселения — города, со временем приобретающие все большие размеры и свою особую специфику. Крупные города стремительно растут, поглощая окрестные городки и села. Далее крупные городские агломерации сливаются друг с другом, образуя мегаполисы. И сегодня такие мегаполисы, в которых проживают многие миллионы людей (10—20 млн. и более), образовались на всех континентах планеты — Калькутта, Лос-Анжелес, Мехико, Москва, Нью-Йорк, Пекин, Токио, городские агломерации промышленных районов Западной Европы. Сегодня в мире насчитывается более 170 городов-миллионеров.

Расселение людей становится неравномерным и приобретает неустойчивый характер. Прогнозируется дальнейшее постепенное угасание малых городов. В крупных городах людям выгоднее и проще организовывать производство, торговлю, легче получить работу, образование, интересней и разнообразней проводить досуг. В крупных городах формируются свои собственные внутренние рынки, значительно удешевляются и упрощаются перевозки товаров, многие торговые операции. То есть экономически и сегодня, и в ближайшие десятилетия большие города как форма организации общества более эффективны, здесь выше общественная производительность труда. Города будут расти, по мнению Н. Моисеева, до того естественного предела, который будет определяться все тем же рынком. И создание экологически чистых деревень и городков не решит проблемы. Какой бы привлекательной не была эта идея (ее сегодня и на Западе, и в странах СНГ поддерживают некоторые ученые) — она утопична, ибо противоречит естественному ходу событий, развитию человечества как общественного биологического вида, котором) необходима совместная кооперативная деятельность. Кроме того, как справедливо отмечает Н. Моисеев, создавая в одной стране экологически чистую деревню, в других странах придется увеличивать свалки отходов, перемещать туда экологически вредные производства (без них человечеству не обойтись), что приведет к возрастанию различий в качестве жизни населения разных стран и регионов. Последние же - опасный фактор дальнейшей дестабилизации отношения между странами и народами, причина возникновения кризисных ситуации, воин и катастроф как социального, так экономического и экологического характера.

Таким образом, жизнь показывает, что в будущем рост мегаполисов неизбежен. Динамика роста численности городского населения мира (уже до 4

млрд. человек в 2020 г., т.е. более 50% всего населения мира), свидетельствует, что процесс урбанизации протекает и будет протекать неравномерно (уровень урбанизации в развивающихся странах — 10%, в развитых — 60—70%). При этом темп расширения территории городов в два раза превышает темп роста их населения. Города растут за счет поглощения природных зон — сельской местности, деревень, лесных массивов. Анализ ситуации показывает, что в ближайшей перспективе еще существует достаточный резерв для разрастания городов. Имеется семикратный запас площадей, пригодных для застройки. Это еще раз подтверждает возможность активизации урбанизационных процессов. Но если эти процессы будут и далее происходить стихийно, они неизбежно приведут к тяжелым экологическим и социальным последствиям.

Неконтролируемое формирование больших городов и мегаполисов так же опасно, как и стихийный рынок, неконтролируемый гражданским обществом и государством. Но успеха в решении проблемы можно достичь, если, как полагает Н. Моисеев, не противиться могучей стихии, а досконально изучив ее особенности, тенденции, направления и причины развития, использовать эти тенденции себе во благо, максимально адаптироваться, научиться выживать в экстремальных условиях. В экстремальных, потому что с ростом городов возникает масса опасных техногенных процессов и труднейших экологических проблем. В предыдущих главах детально освещались проблемы чрезмерного загрязнения почв, воды и воздуха, рост заболеваемости и смертности населения, деградации фауны и флоры, а также самая острая проблема — очистка от отходов, утилизация огромного и, к сожалению, все увеличивающегося количества разнообразных отходов. Тесно связана с ростом городов и проблема деформации духовного мира личности, возрастание негативного влияния городской среды на сознание, психику людей.

Эти негативные социальные процессы, активно развивающиеся в последние десятилетия во всех мегаполисах мира, особенно сильное развитие получили в странах бывшего СССР, где резко ослаб гражданский и государственный контроль за средствами массовой информации, и они утратили всякое чувство ответственности, обслуживая различные враждующие между собой политические и финансовые кланы и группировки. Все меньше коллективной доброты и благожелательности, все больше злобы, агрессивности и насилия в продукции СМИ и, как следствие этого, невиданный доселе всплеск преступности, отчаяния, самоубийств.

Стратегии адаптации и выживания

Очень многие выдающиеся ученые-социологи, экологи, философы, историки, политологи мира пришли сегодня к единому выводу: преодоление общепланетарного экологического кризиса возможно только при изменении современного уклада жизни, переходе к новой философии существования, новой форме взаимоотношений как между человечеством и природой, так и

между нациями и государствами. Это очень сложный и длительный процесс, который потребует многих десятилетий, но он не имеет альтернатив, если человечество хочет выжить. Это возможно только при условии разумного сосуществования человека и биосферы, совместного развития техносферы и биосферы на основе глубоких экологических знаний и учета законов развития природы, в условиях высокой экологической культуры и этики.

Поэтому предполагается, что в XXI веке на первый план будет выдвинута экология и социология, а не техника. Планирование каждого мероприятия должно осуществляться с обязательным учетом его последствий для естественной и социальной среды человека. Дальнейшее экономическое развитие должно быть основано на принципах, согласно которым прибыли и убытки рассматриваются с учетом здоровья человека, состояния окружающей среды и характера социального и биологического будущего человечества.

В последнее время многие ученые развивают концепцию ноосферы В. Вернадского - Т. де Шардена – Леруа, согласно которой экология становится теоретической основой поведения человека в природе и утверждается идея разумного, с учетом законов Природы, согласованного регулирования взаимоотношений человечества с окружающей природной средой. Начинает все более преобладать «воспроизводственный» подход к оценке территорий проживания людей, появляются тенденции к созданию интегрированной природно-городской среды, способной длительное время обеспечивать развитие человека и его деятельности.

Вслед за В. Вернадским, Леруа и Тейяр де Шарденом многие ученые мира в той или иной форме стали утверждать, что для сохранения биосферы вообще и человечества в частности необходим переход нашей цивилизации к новым формам взаимоотношений с природой, к новой философии жизни. Наши науки, в первую очередь естествознание, должны сформировать и реализовать новую идею - идею Природы, опираясь на которую в своей практической жизни человек смог бы жить в Природе, обеспечивая свое будущее. Как отмечает Н.Моисеев, мы перешли не только к перелому тысячелетий, но и к перелому цивилизаций, когда возникло требование утверждения у людей нового образца мыслей и новой структуры ценностей. Сегодня наши нравственные основы, духовный мир и поведение в биосфере уже не соответствуют тем условиям жизни, в которые погружается общество. Настало время жесточайших самоограничений и коллективной дисциплины, выработки новой шкалы целей, ценностей и стремлений. Есть надежда, что коллективный Разум, энергия, талант, воля человечества, как единого целого, смогут найти и утвердить новые формы своей жизни, сохранив биосферу и возможность жизни для наших потомков.

Концепция устойчивого развития Беларуси.

С учетом присущих Республике Беларусь геополитических, географических, социально-экономических, экологических, демографических особенностей

разработана национальная стратегия устойчивого развития (НСУР). Основными компонентами НСУР являются:

- *Новая цивилизованная стратегия.* Республика будет придерживаться линии на смену парадигмы общественного прогресса с переходом на новые принципы взаимодействия природы, хозяйства и человека.

Экологический императив в развитии производства будет развиваться через следующие принципы:

- в центре внимания должен находиться человек, имеющий право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;
- обеспечение равенства возможностей развития и сохранения окружающей среды для нынешнего и будущего поколений;
- охрана окружающей среды станет неотъемлемой частью процесса;
- экологизация хозяйственной деятельности, т.е. устранение первопричин загрязнения, а не его последствий;
- изменение структур потребления и производства. Предполагается соответствие структуры производства, благ и услуг структуре их рационального потребления. Структура потребления будет формироваться из ограниченности природных ресурсов, обеспечения здорового образа жизни с учетом особенностей страны.

Потенциальные угрозы устойчивому развитию делятся на внутренние и внешние.

Внутренние угрозы включают: падение производства, снижение обеспеченности природными ресурсами, ухудшение экологической обстановки, использование отсталых технологий производства, повышение стоимости и падение уровня и качества жизни, государственный внутренний долг и т.д.

Внешние потенциальные угрозы характеризуются следующими индикаторами: рост цен и ухудшение условий закупки топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов, готовой продукции, продовольственных товаров; снижение внешней кредитной безопасности; вытеснение отечественных производителей товаров и услуг с внутреннего рынка зарубежными агентами рынка; рост утечки финансовых активов за рубеж и увеличение числа беженцев из других стран; переход в собственность нерезидентов ключевых жизнеобеспечивающих производств; природные бедствия и катастрофы; чрезмерное потребление природных ресурсов развитыми странами; сокращение биологического разнообразия.

Стратегическая цель устойчивого развития Беларуси в соответствии с рекомендациями и принципами, изложенными в документах Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоит в обеспечении стабильного социально-экономического развития с учетом сохранения благоприятной окружающей среды и рационального использования природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений населения Беларуси при учете интересов других государств.

Решение социально-экономических проблем необходимо осуществлять с учетом недопущения ухудшения состояния окружающей среды, обеспечения ее неуклонного оздоровления. Для этого требуется:

- совершенствование природоохранного законодательства и системы экологических ограничений и регламентации природопользования;
- экономическое стимулирование ресурсо- и энергосбережения, минимизация производственных и бытовых отходов;
- проведение экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду всех проектов хозяйственной деятельности;
- разработка и введение механизмов экологического аудита и страхования;
- повышение эффективности государственного контроля, экономических и административных санкций по предотвращению аварий и пресечению экологических правонарушений;
- постоянный учет экологической безопасности при принятии конкретных решений в целях устойчивого развития республики.

Беларусь имеет достаточно благоприятные природные условия для жизнедеятельности человека – умеренно континентальный климат, хорошо развитую гидрографическую сеть и разнообразный растительный и животный мир. По размерам территории (207,6 тыс. км²) Беларусь занимает 13-е, а по численности населения (около 9,5 млн. чел.) – 14-е место среди более, чем 40 стран Европы. Через ее территорию проходит один из трансмагистральных путей Евразии, что способствует широкому международному сотрудничеству. В силу своего экономико-географического и геополитического положения Беларусь должна более эффективно использовать принципы международного разделения труда и иметь высокoeffективный экспортный потенциал, что является неременным условием устойчивого развития страны. Особое геополитическое положение Беларуси между Западом и Востоком имеет большое значение для ее развития.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ