

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ЧИРЧИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие для педагогических ВУЗов

Чирчик-2020

УДК 54(075.8)
ББК 24.1я73
Э 40

Экологическая химия [Текст] : учебное пособие / Д.Ж. Бекчанов, Р.А. Эшчанов, Т.Х. Рахимов, Ш.Б. Хасанов. - Ташкент : Tafakkur tomchilari, 2020. - 140 с.

УДК 54(075.8)
ББК 24.1я73
Э 40

Учебное пособие соответствует программе курса "Экологическая химия" для студентов специальностей: 5110300-"Методика обучения химии. Пособие состоит из семи глав. Рассмотрены основные определения, которыми оперирует химическая экология, охарактеризованы основные поллютанты: тяжелые металлы, пестициды, радионуклиды, газообразные вещества, основные загрязняющие компоненты, источники их поступления в окружающую среду, рассмотрены пути возникновения загрязнений земной атмосферы, водных ресурсов, почв и продуктов питания. Приведены схемы и описание основных биогеохимических циклов. Особое внимание уделено проблеме биологической конверсии трудноулавливаемых органических отходов крупных животноводческих ферм, накопления пестицидов в почвах, роли нефти в хозяйственной деятельности человека и окружающей среде, использования органических веществ как лекарственных средств против болезней человека и др.

Рецензенты: *проф. О.Э. Зиядуллаев*
проф. М.Г. Мухамедиев

Учебное пособие рекомендовано к печати приказом №359 от 30 июня 2020 года Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан.

ISBN - 978-9943-6620-4-9

© Д.Ж. Бекчанов и др. Экологическая химия, 2020 г.
© Tafakkur tomchilari, 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Глава 1. Основные понятия и концепции экологической химии. История развития экологической химии	
1.1. Химическая экология и экологическая химия	8
1.2. Цель и задачи экологической химии	9
1.3. Предмет изучения экологической химии	9
1.4. Основные понятия экологической химии	10
1.5. Становление экологической химии как науки	14
Глава 2. Атмосфера. Экохимические процессы в атмосфере	
2.1. Газовый состав воздушной среды и основные загрязняющие компоненты	18
2.2. Химические реакции в атмосфере	20
2.2.1. Реакции, протекающие в нижних слоях атмосферы	20
2.2.2. Фотохимические реакции	21
2.2.3. Химические реакции, контролирующие содержание водяных паров в атмосфере	22
2.2.4. Реакции с участием оксидов азота, оксидов углерода и метана	22
2.2.5. Химические реакции, протекающие с участием соединений серы	23
2.3. Экохимические процессы	24
2.3.1. Кислород. Цикл кислорода	24
2.3.2. Азот. Цикл азота. Оксиды азота и нитраты	26
2.3.3. Углерод. Цикл углерода	30
2.3.4. Сера. Круговорот серы	31
Глава 3. Гидросфера и его строение, состав химических веществ	
3.1. Свойства воды. Состав гидросферы	33
3.2. Глобальный круговорот воды в географической оболочке	35
3.3. Загрязнение природных вод	44
3.3.1. Биологическое и бактериологическое загрязнение вод	51
Глава 4. Химические вещества, загрязняющие биосферу	
4.1.1. Общее понятие – биосферы	57
4.1.2. В.И. Вернадский о биосфере	59
4.2. Виды загрязнений биосферы	62
4.2.1. Химическое загрязнение биосферы	66
4.2.2. Аэрозольное загрязнение	67
4.2.3. Фотохимический туман (смог)	68
4.2.4. Приоритетные загрязнители: тяжелые металлы	70
4.3. Экохимические процессы в биосфере	73
4.3.1. Некоторые особенности биосферы	73
4.3.2. Процессы в биосфере	74
4.3.3. Химические процессы в биосфере	78

Глава 5. Структура литосферы. Виды загрязнений

5.1. Структура литосферы	80
5.2. Вредные и ядовитые химические элементы в загрязненных почвах. Химический состав почв	83
5.3. Охрана почвы от загрязнения радиоактивными веществами	92

Глава 6. Органические соединения в организме человека и окружающей среде

6.1. Метан как глобальный загрязнитель. Природный газ – топливо и сырье	96
6.2. Нефть в хозяйственной деятельности человека и окружающей среде	101
6.2.1. Нефть как загрязнитель природной среды	105
6.3. Высокомолекулярные соединения	107
6.4. Фреоны и галоны в атмосфере планеты	110
6.5. Хлорароматические соединения как глобальные загрязнители	111
6.6. Бензапирен	116
6.7. Триметиламин	121
6.8. Хлорпикрин	122

Глава 7. Основные экологические проблемы и пути их решения

7.1. Глобальные экологические проблемы и пути их решения	124
7.2. Глобальное изменение климата	132
7.3. Пути решения глобальных проблем	135
7.4. Влияние экологических проблем на экономику	136

ВВЕДЕНИЕ

Экология — эта наука, возникшая сравнительно недавно, всего какое-то столетие назад. Но она быстро завоевала умы человечества. И это понятно, ведь с греческого «ойкос логос» переводится как «наука о нашем доме» (Геккель перевел это название как «животное у себя дома»). Это учение о мире, который нас окружает, о том, как он влияет на нас, а мы — на него. Соблюдаем ли мы правила общежития в этом мире и чем чревато их нарушение — вот что волнует каждого из нас.

Одним из основоположников экологии и конкретно учения о биосфере был наш академик Владимир Иванович Вернадский (1863–1945). Нет, не он первым обратил внимание на антропогенное, в частности и биогенное, влияние вообще на окружающую природу, но он поставил этот вопрос во главу угла. Именно ему принадлежит фраза: «На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом». Он предостерегал, а его последователи призывали народы и правительства к защите окружающей среды — дома, в котором мы живем.

Почему же эта наука не возникла раньше, одновременно с другими естественными дисциплинами? Дело в том, что человек долго не замечал негативных последствий своей деятельности, пока они не стали настолько явными, что пришлось бить тревогу. Сегодня ученые говорят во всеуслышание, что «нарушение нами среды обитания — это бомба замедленного действия». Нас уничтожат не вирусы и не инопланетяне, а, если не остановимся, мы сами! Как тут не вспомнить басню Крылова о свинье под дубом вековым, подрывающей его корни. Когда же Земля «почувствовала» присутствие на ней живых существ и когда возникли столь явные нарушения? Когда, в добиологический период существования Земли ее атмосфера была восстановительной и весь мир был в равновесии. Но с появлением организмов, в первую очередь фотосинтезирующих, и накоплением кислорода

оно нарушилось. В конце концов атмосфера, а за ней и гидросфера стали окислительными, а литосфера, ее поверхность — окисленной. То есть тогда, около двух–трех миллиардов лет назад, живое вещество активно включилось в окружающие «сферы» и стало неотъемлемой частью природы. И в этом новом мире опять установилось равновесие.

Но прошли те самые миллиарды лет, и где-то с середины XVIII — начала XIX века новое, теперь уже антропогенное воздействие стало активно внедряться в природу — началась научно-техническая эра человечества. И опять равновесие было нарушено, а окружающая среда стала изменяться, и, к сожалению, не в лучшую сторону. Человек потреблял, мало что давая взамен.

Что мы успели испортить вокруг за эти два столетия?

Атмосфера: озоновые дыры, кислотные дожди, смоги и парниковые газы.

Вода: загрязнение водных бассейнов и потеря многих источников пресной воды, эвтрофикация, т. е. старение и гибель водоемов плюс создание условий для развития патогенной микрофлоры.

Почва: бездумные агрономические мероприятия плюс активная химизация народного хозяйства, в результате — болота, солончаки, пустыни, эрозии разных типов. Здесь же литосфера: только за последние 30 лет планета потеряла 30% своих естественных ресурсов.

Организмы: нарушение естественных функций, подавление иммунитета как созданием новых пород, сохранением ослабленных форм, так и лекарствами, отходами, «большой химией» — от удобрений до ядохимикатов — и просто ядами — химическим оружием. А бактериологическое, а ядерное оружие? То есть дело дошло до прямого уничтожения жизни.

Но природа стремится себя сохранить, противодействуя нашим «новациям». В результате — новые болезни и эпидемии, эпизоотии, эпифитотии — массовая гибель организмов, сокращение сферы обитания, увеличение численности и усиление «хищников» и прочее, и прочее.

В связи со сказанным термин «экология» проник во многие дисциплины, как естественные, так и гуманитарные. Все, что мы творим себе и природе на благо и во вред, оказывается в поле зрения этой науки. Есть экология как самостоятельное направление в биологии, но есть экологическая физика и экологическая химия, промышленная (инженерная), сельскохозяйственная, медицинская, ветеринарная экология и др. Не за горами время, когда появятся экологическая филология (наука о «грязи» в нашем языке), экологическая математика и информатика (наука о создании программ — барьеров на пути теоретических разработок, способных нас уничтожить, «вирусов» против негативных последствий Интернета) и т. д.

Глобальные последствия — как много сегодня говорится об этом, но, к сожалению, делается гораздо меньше.

И вот прогноз: грядущее глобальное потепление, а за ним затопление огромной части суши со всеми вытекающими последствиями. Но это лишь прогноз, а реально? В последнее время на планете резко увеличилось количество природных катаклизмов — штормов, цунами, смерчей, которые несут разрушение и гибель. Но все ли они природные?

По оценкам ученых, масштабное выделение парниковых газов в развитых странах приводит к повышению (в промышленных и густонаселенных районах) и дисбалансу температуры, в частности, между сушей и морем (например, в США). Это может стать причиной тех самых движений громадных воздушных масс, которые приводят к штормам и смерчам.

Но экология — это не только проблема загрязнений.

Она включает в себя любое воздействие окружающей природы на организм и наоборот. Тем не менее главное сегодня — это, конечно, поиск источников ее нарушений и путей избавления от них и их последствий, т. е. поиск выхода из создавшейся ситуации, когда мы фактически поставили себя на грань самоуничтожения. Что-то уже вернуть нельзя. Это исчезнувшие

бесследно породы растений и рыб, животных и птиц — целая «черная книга». Но есть еще «Красная книга», в которую включено все, что на грани уничтожения. И мы в состоянии, мы должны это сохранить, переходя к новой эре — по Вернадскому, к ноосфере, или сфере разума, когда человечество будет жить по законам природы, а значит, в союзе с ней.

Охрана природы подразумевает совокупность государственных и общественных мероприятий, направленных на сохранение атмосферы, вод, земных недр, а также растений, животных и человека. Все это в целях гармоничного взаимодействия природы и общества, во имя живущих и будущих поколений.

В истории формирования природоохранной концепции можно выделить несколько этапов:

- видовая и заповедная охрана природы;
- охрана ресурсов;
- охрана среды обитания человека.

Охрана окружающей среды, защита окружающей природной среды, охрана биосферы, экологическая безопасность — все эти термины означают жизненно важные интересы человека, его право на благоприятную окружающую природную среду.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1.1. Химическая экология и экологическая химия

Химическая экология — раздел экологии, изучающий последствия прямого и побочного воздействия на окружающую среду химических веществ и возможные пути уменьшения их отрицательного влияния.

У этого термина есть и другие значения: в английской литературе под химической экологией понимают изучение химических взаимодействий между видами в экосистеме (en:Chemical ecology). Химик Э. Г. Раков предлагает понимать химическую экологию шире, включая в неё изучение всех химических процессов в экосистемах, в том числе круговоротов веществ.

Экологическая химия — наука о химических процессах, определяющих состояние и свойства окружающей среды — атмосферы, гидросферы и почв.

Раздел химии, посвящённый изучению химических основ экологических явлений и проблем, а также процессов формирования химических свойств и состава объектов окружающей среды.

Экологическая химия изучает как естественные химические процессы, происходящие в окружающей среде, так и процесс её антропогенного загрязнения. Одна из задач экологической химии — разработка новых химических технологий, значительно снижающих отрицательное воздействие на окружающую среду, технологий утилизации и обезвреживания отходов, очистки воздуха и сточных вод, рекомендации (восстановления) почв.

Экологическая химия — наука, занимающаяся изучением процессов, которые определяют состав, структуру и химические свойства окружающей среды, адекватные биологической ценности среды обитания.

Экологическая химия является соединением нескольких научных дисциплин — биохимия, аналитическая химия, химия поверхности и сорбции, фотохимия, катализ и др.

Исследование распространения, метаболизма и распределения в экологических объектах загрязняющих веществ как нативной, так и антропогенной природы.

Исследование роли всей совокупности живых организмов (биоты Земли) в формировании циклов элементов, её влияние на уровень солнечной радиации, достигающей земной поверхности, на климат и окислительную ёмкость атмосферы.

Проблемы глобальных и региональных изменений, происходящих в результате антропогенного нарушения естественных химических равновесий, в том числе «кислотных дождей», смог, химия тропосферного и стратосферного озона, аэрозольная составляющая атмосферы,

Особо опасные загрязняющие компоненты — соединения тяжёлых металлов, радионуклиды, органические экотоксиканты, стойкие органические загрязнители (СОЗ — диоксины, хлорированные дибензофураны и др.).

1.2. Цель и задачи экологической химии

Отношения между экологической химией и химией окружающей среды есть отношения части и целого. Прилагательное «экологическая» указывает на то, что данной наукой изучаются процессы, в конечном счете определяющие условия существования живых организмов (включая человека) на нашей планете. В поле зрения экологической химии попадают те части геосфер, в которых наблюдаются или могут происходить антропогенно обусловленные изменения химических процессов. За пределами биосферы, но в фокусе внимания экологической химии находятся верхняя тропосфера и стратосфера Земли.

В практическом плане можно выделить три главные задачи экологической химии, от решения которых зависит сохранение среды обитания:

Изменение существующих технологических процессов, направленное на снижение энерго- и ресурсоемкости производств, сведение к минимуму выбросов в атмосферу и гидросферу.

Очистка выбрасываемых в атмосферу газов и сбрасываемых в водоемы сточных вод от наиболее вредных веществ.

Оценка воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ (ЗВ). Здесь возникают два аспекта: с одной стороны, проблема токсичности поступающих в окружающую среду веществ, с другой – миграция и трансформация веществ под влиянием природных факторов. Роль экологической химии заключается в оценке скорости трансформации ЗВ в зависимости от факторов среды. Кинетические параметры могут затем использоваться в математических моделях для прогнозирования поведения ЗВ в объектах окружающей среды.

1.3. Предмет изучения экологической химии

Предметом исследований экологической химии являются химические процессы в окружающей среде в связи с изменениями, вносимыми в них деятельностью человека.

Экологические проблемы современности возникли в результате активного и в ряде случаев необдуманного вмешательства человека в тесное переплетение абиотических и биологических процессов, характеризующих облик биосферы Земли послеледниковой эпохи четвертичного периода. Проникновение в суть этих проблем и их решение требуют междисциплинарного подхода. Поэтому подготовка специалистов широкого профиля, знакомых с задачами экологической химии, становится в ряд главных приоритетов высшей школы.

Данная наука выступает как часть химии окружающей среды, так как изучает только те процессы, которые в конечном итоге определяют условия существования живых организмов (включая человека) на нашей планете. В поле зрения экологической химии находятся те части геосфер, в которых наблюдаются или могут происходить антропогенно обусловленные изменения

химических процессов. В целом они совпадают с границами биосферы. За ее пределами в фокусе внимания экологической химии находятся верхняя тропосфера и стратосфера Земли.

Временные пределы изучаемых экологической химией процессов варьируются от долей минуты до нескольких столетий.

Экологическая химия использует все многообразие применяемых в химии методов анализа. Специфическими для данной науки являются методы, сочетающие высокоэффективное разделение (например, хроматография, мембранные процессы) и количественное определение с одновременной идентификацией (масс-спектрометрия, спектроскопия в инфракрасной области, атомно-абсорбционная и т. п.).

Для выявления механизмов превращения отдельных загрязнителей окружающей среды или групп соединений под действием антропогенных факторов в рамках экологической химии широко применяются методы лабораторного и численного моделирования химических процессов в геосферах.

Таким образом, экологическая химия изучает химические процессы, протекающие в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере; источники химических загрязнений, пути их миграции, последствия и контроль, а также методы анализа загрязнений, предотвращения и очистки от них.

1.4. Основные понятия экологической химии

Из 118 известных химических элементов живые организмы используют 30 – 40. В этом отношении человек по своей природе уникален, жизнеспособность человека обеспечивается примерно 40 химическими элементами, в то же время в своей деятельности он пользуется почти всеми имеющимися в природе элементами.

Основные элементы: углерод, кислород, водород, азот – необходимы организмам в больших количествах; их называют **макроэлементами**. Другие (например, В, Cu, Mn, Zn, Mo, Co) используются в относительно незначительных количествах, их относят к **микроэлементам**. Все химические элементы циркулируют в биосфере по определенным путям: из внешней среды в организмы и из них опять во внешнюю среду. Эти пути, в большей или меньшей степени замкнутые, называются **биогеохимическими циклами**.

Поллютанты (от латин. *pollutio* – мараение) — это загрязняющие химические вещества, поступающие в природную среду и, в отдельных случаях, достигающие таких концентраций, которые оказываются вредными как для абиотических составляющих экосистем, так и для живых существ, и особенно для самого человека. К таким продуктам относятся химические элементы, неорганические и органические соединения – синтетические или природного происхождения. **Эмиссией** называют выделение загрязняющего вещества в окружающую среду.

Иммиссия – накопление организмами или экосистемой вредных веществ, содержащихся в окружающей среде. Вредное воздействие химических соединений может иметь как острый, так и хронический характер и проявляться после накопления этих веществ или продуктов их химических превращений, а также в результате синергических процессов.

Ассимиляционная емкость экосистемы – показатель максимальной динамической вместимости количества поллютантов, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за пределы объема экосистемы без нарушения ее нормальной деятельности.

Загрязняющие химические продукты классифицируют:

- по природе загрязнителей (физические, химические, биологические);
- по агрегатному состоянию (газы, жидкости, твердые отходы);
- по стойкости загрязнения в естественной среде (разлагаемые, устойчивые);
- по виду или качеству природной среды, в которой распространяется загрязнение, (загрязняющие вещества в атмосфере, гидросфере, литосфере);
- по способу поражения организма (через пищу, при кожных контактах, при дыхании и т. д.)
- по источникам поступления, областям применения и характеру воздействия. Здесь можно выделить три группы веществ.

Биоциды (к ним, например, относятся инсектициды, гербициды, фунгициды) являются значимыми химическими продуктами, поскольку длительное время применяются в окружающей среде, а по своему назначению их действие направлено против живых существ.

Добавки к пищевым продуктам и косметическим средствам (консерванты, ароматизаторы, антиоксиданты и др.), которые непосредственно используются человеком.

Удобрения, моющие средства и хлорированные растворители, широко используемые в больших количествах.

Другим типом классификации химических продуктов является деление их на природные и несвойственные окружающей среде вещества (ксенобиотики). **Ксенобиотиками** (от греч. *xenos* – чужой и *bios*- жизнь) называют вещества, по биологическим свойствам чуждые биосфере и полученные исключительно в результате химического синтеза. Степень «несвойственности» таких химических веществ различна, так как по своей структуре они могут быть совсем близкими к природным веществам или полностью отличаться от них. Например, идентичные природным ароматические вещества, выпускаемые промышленностью; близкие к природным инсектициды – синтетические пиретроиды, в противоположность соединениям с новой структурой, созданной человеком. Однако эти качественные показатели а priori не характеризуют вредность этих веществ.

Особую группу химических продуктов составляют **радиоактивные вещества**. Это химические элементы или их соединения — источники ионизирующего излучения, которое возникает при их распаде и оказывает

сильное биологическое действие. В этом случае биологическое действие на окружающую среду вызвано не химическими или биологическими свойствами этих веществ, а их излучением. Доза излучения измеряется в единицах, соответствующих биологическому действию излучения, в бэрах (биологических эквивалентах рентгена, 1 бэр = 0,01 Дж/кг). Для химического воздействия такой единицы измерения не существует.

Воздействие излучения не специфично для состава излучающего вещества, являющегося объектом облучения, а зависит лишь от вида излучения и его энергии. Следует учитывать характер распределения радиоактивных веществ в окружающей среде и организмах, так как это распределение коррелирует с поглощенной дозой излучения, а его характер зависит от их природы.

В результате испытаний ядерного оружия, при которых в окружающую среду поступило большое количество радиоактивных веществ, и повысилась доза поглощенного излучения, проведены подробные исследования воздействия излучения на экосистему. Полученные при этом результаты, включая разработку национальных и международных правил и соглашений о предельных значениях параметров излучения, являются примером для организации аналогичных работ по проблемам воздействия химических продуктов на окружающую среду.

Эпидемиологические исследования и многочисленные эксперименты с животными показали, что многие химические вещества сопряжены с высокой степенью риска для здоровья человека и могут нанести непоправимый вред живым организмам, если их концентрация в окружающей среде будет возрастать. К таким химическим продуктам относятся, например, **соединения тяжелых металлов, диоксины, дибензофураны, бензантрацены, микотоксины, нафтиламины и нитрозоамины**. Для многих других химических веществ не имеется, достаточных экспериментальных данных об эффектах их длительного воздействия на организм, что не позволяет сделать никаких выводов о степени потенциального риска при их использовании.

Ориентировочно, в настоящее время во всем мире производится около 80 тысяч видов химических продуктов. Каждый год на рынок поступает еще более тысячи новых соединений. Однако лишь немногие из них действительно обновляют перечень продукции, так что доля фактического изменения номенклатуры продуктов составляет несколько процентов в год. Кроме того, если учесть, что во всем мире используется около 250 млн т органических химических продуктов, значительная часть которых после использования бесконтрольно попадает в окружающую среду, то становится очевидным, что данные соединения сами по себе могут изменить материальный состав окружающей среды во всем мире.

Материальный состав окружающей среды – это содержание химических соединений и живых организмов в окружающей среде, т. е. материальный состав биосферы (литосферы, гидросферы и атмосферы с находящимися на них живыми существами). Материальный состав окружающей среды в принципе устанавливается аналитическими методами.

Понятие **качество материального состава окружающей среды** включает также и оценку этой среды, т. е. принимается во внимание непосредственное состояние экосистемы — воды, воздуха и почвы, а также продуктов питания и жилья человека. Под **биологическим использованием** понимают количество вещества, поступившее в организм за какое-то время и участвующее в обмене веществ. Пути проникновения вещества в организм (через кожу, органы дыхания или пищеварительный тракт) соответствуют различным возможностям его биологического использования.

Значение состава окружающей среды для человека определяется объемом суточного потребления — в среднем около 10 кг воздуха, двух литров воды и 1 кг твердых продуктов питания. Естественно, что изменения материального состава, а, следовательно, и концентраций веществ, а также изменения их возможного биологического использования приводят к нарушению качества окружающей среды.

Для определения показателей качества окружающей среды применительно к здоровью людей разрабатываются санитарно-гигиенические нормативы, определяющие предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ; предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия радиации, шума, вибрации, электромагнитных полей; предельно допустимые остаточные количества вредных веществ в продуктах питания (нитраты, гербициды, пестициды, минеральные удобрения, соли в питьевой воде), вредных микроорганизмов и других биологических веществ.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – экологический норматив, максимальная концентрация загрязняющего химического вещества в компонентах ландшафта, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени не вызывает негативных воздействий на организм человека или другого рецептора.

Предельно допустимая концентрация веществ в воде (англ., maximum permissible matter concentration in the water) – концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Предельно допустимая концентрация загрязняющего почву вещества (англ., maximum permissible matter concentration of soil pollutant) — максимальная концентрация загрязняющего почву вещества, не вызывающая негативного прямого или косвенного влияния на природную среду и здоровье человека.

Предельно допустимая концентрация примеси в атмосфере (англ., maximum permissible concentration) – максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного действия, включая отдаленные последствия.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) (англ., maximum permissible discharge) – научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или

их совокупности не превышало нормативов качества воздуха для населения, животного и растительного мира.

Предельно допустимый сброс вещества в водный объект (ПДС) (англ., maximum allowable discharge of substances into water body) – масса веществ в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества в контрольном пункте.

1.5. Становление экологической химии как науки

Экология своими корнями уходит в далекое прошлое. Потребность в знаниях, определяющих «отношение живого к окружающей его органической и неорганической среде», возникла очень давно. Чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить труды Аристотеля (384-322 гг. до нашей эры), Плиния Старшего (23-79 гг. нашей эры), Р.Бойля (1627-1691 гг), в которых обсуждались значение среды обитания в жизни организмов и приуроченность их к определенным местообитаниям.

В истории развития экологии можно выделить три основных этапа.

Первый этап - зарождение и становление экологии как науки (до 60-х гг. XIX в.). На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи живых организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения.

В XVII - XVIII вв. экологические сведения составляли значительную долю во многих биологических описаниях (А. Реомюр, 1734; А. Трамбле, 1744 и др.). Элементы экологического подхода содержались в исследованиях русских ученых И.И. Лепехина, А.Ф. Миддендорфа, С.П. Крашенинникова, французского ученого Ж. Бюффона, шведского естествоиспытателя К. Линнея, немецкого ученого Г. Йегера и др.

В этот же период Ж. Ламарк (1744-1829) и Т. Мальтус (1766-1834) впервые предупреждают человечество о возможных негативных последствиях воздействия человека на природу.

Второй этап – оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний (после 60-х гг. XIX в.). Начало этого этапа ознаменовалось выходом работ русских ученых К.Ф. Рулье (1814 – 1858), Н.А. Северцова (1827 – 1885), В.В. Докучаева (1846 – 1903), впервые обосновавших ряд принципов и понятий экологии, которые не утратили своего значения и до настоящего времени. Не случайно поэтому американский эколог Ю. Одум (1975) считает В.В. Докучаева одним из основоположников экологии. В конце 70-х годов XIX в. немецкий гидробиолог К. Мебиус (1877) вводит важнейшее понятие о биоценозе как о закономерном сочетании организмов в определенных условиях среды.

Неоценимый вклад в развитие основ экологии внес Ч. Дарвин (1809 – 1882), вскрывший основные факторы эволюции органического мира. То, что Дарвин называл «борьбой за существование», с эволюционных позиций можно

трактовать как взаимоотношения живых существ с внешней, абиотической средой и между собой, т.е. с биотической средой.

Немецкий биолог-эволюционист Э.Геккель (1834 – 1919) первым понял, что это самостоятельная и очень важная область биологии, и назвал ее экологией (1866). В своем капитальном труде «Всеобщая морфология организмов» он писал: «Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и прежде всего – его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт». Одним словом, экология – это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин назвал «условными, порождающими борьбу за существование».

Как самостоятельная наука экология окончательно оформилась в начале XX столетия. В этот период американский ученый Ч.Адамс (1913) создает первую сводку по экологии, публикуются другие важные обобщения и сводки (В.Шелфорд, 1913, 1929; Ч.Элтон, 1927; Р.Гессе, 1924; К.Раункер, 1929 и др.). Крупнейший русский ученый XX века В.И.Вернадский создает фундаментальное учение о биосфере.

В 30-е и 40-е годы экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем. Сначала А.Тенсли (1935) выдвинул понятие об экосистеме, а несколько позже В.Н.Сукачев (1940) обосновал близкое к этому представление о биогеоценозе. Следует отметить, что уровень отечественной экологии в 20-х, 30-х годах был одним из самых передовых в мире, особенно в области фундаментальных разработок. В этот период в нашей стране работали такие выдающиеся ученые, как В.И.Вернадский и В.Н.Сукачев, а также крупные экологи В.В.Станчинский, Э.С.Бауэр, Г.Ф.Гаузе, В.Н.Беклемишев, А.Н.Формозов, Д.Н.Кашкаров и др.

Во второй половине XX в. в связи с прогрессирующим загрязнением окружающей среды и резким усилением воздействия человека на природу экология приобретает особое значение.

Начинается третий этап (50-е гг. XX в. – до настоящего времени) – превращение экологии в комплексную науку, включающую в себя науки об охране природной и окружающей человека среды. Из строгой биологической науки экология превращается в «значительный цикл знания, вобрав в себя разделы географии, геологии, химии, физики, социологии, теории культуры, экономики...» (Реймерс, 1994).

Современный период развития экологии в мире связан с именами таких крупных зарубежных ученых, как Ю.Одум, Дж.М.Андерсен, Э.Пианка, Р.Риклефс, М.Бигон, А.Швейцер, Д.Харпер, Р.Уиттекер, Н.Борлауг, Т.Миллер, Б.Небел и др. Среди отечественных ученых следует назвать И.П.Герасимова, А.М.Гилярова, В.Г.Горшкова, Ю.А.Израэля, Ю.Н.Куражского, К.С.Лосева, Р.Н.Моисеева, Н.П.Наумова, Н.Ф.Реймерса, В.В.Розанова, Ю.М.Свирижева, В.Е.Соколова, В.Д.Федорова, С.С.Шварца, А.В.Яблокова, А.Л.Яншина и др.

Первые природоохранные акты на Руси известны с IX - XII вв. (например, свод законов Ярослава Мудрого «Русская Правда», в которых были установлены правила охраны охотничьих и бортничьих угодий). В XIV – XVII вв. на южных границах Русского государства существовали «засечные леса», своеобразные охранные территории, на которых были запрещены хозяйственные рубки. История сохранила более 60 природоохранных указов Петра I. При нем же началось изучение богатейших природных ресурсов России. В 1805 году в Москве было основано общество испытателей природы. В конце XIX – начале XX вв. возникло движение за охрану редких объектов природы. Трудями выдающихся ученых В.В.Докучаева, К.М.Бэра, Г.А.Кожевникова, И.П.Бородина, Д.Н.Анучина, С.В.Завадского и др. были заложены основы охраны природы.

Начало природоохранной деятельности Советского государства совпало с рядом первых декретов, начиная с «Декрета о Земле» от 26 октября 1917 г., заложившего основы природопользования в стране. Именно в этот период зарождается и получает законодательное выражение основной вид природоохранной деятельности – охрана природы.

В период 30 – 40-х гг. в связи с эксплуатацией природных богатств, вызванных главным образом ростом масштабов индустриализации в стране, охрана природы стала рассматриваться как «единая система мероприятий, направленная на защиту, развитие, качественное обогащение и рациональное использование природных фондов страны» (из резолюции Первого Всероссийского съезда по охране природы, 1929 г.).

Таким образом, в России возникает новый вид природоохранной деятельности – рациональное использование природных ресурсов.

В 50-е гг. в связи с дальнейшим развитием производительных сил в стране, усилением негативного влияния человека на природу возникла необходимость в создании еще одной формы, регулирующей взаимодействие общества и природы, - охрана среды обитания человека. В этот период принимаются республиканские законы об охране природы, которые провозглашают комплексный подход не только как к источнику природных ресурсов, но и как к среде обитания человека. К сожалению, в этот период еще торжествовала лысенковская псевдонаука, канонизировались слова И.В.Мичурина о необходимости не ждать милости от природы.

В 60 – 80-е гг. практически ежегодно принимались правительственные постановления об усилении охраны природы (об охране бассейна Волги и Урала, Азовского и Черного морей, Ладожского озера, промышленных городов Кузбасса и Донбасса, Арктического побережья). Продолжался процесс создания природоохранного законодательства, издавались земельные, водные, лесные и иные кодексы.

Эти постановления и законы, как показала практика их применения, не дали необходимых результатов – губительное антропогенное воздействие на природу продолжалось. В 1986 г. на Чернобыльской АЭС произошла крупнейшая за всю историю развития человечества экологическая катастрофа.

В настоящее время стихийное развитие взаимоотношений с природой представляет опасность для существования не только отдельных объектов, территорий, стран, но для всего человечества. Это объясняется тем, что человек тесно связан с живой природой происхождением, материальными и духовными потребностями, но в отличие от других организмов эти связи достигли таких масштабов и форм, что может произойти полное вовлечение живой оболочки планеты (биосферы) в жизнеобеспечение современного общества. А это в свою очередь может поставить человечество на грань экологической катастрофы.

Человек, благодаря данному ему природой разуму, стремится обеспечить себе «комфортные» условия среды, быть независимым от ее физических факторов, например, от климата, от нехватки пищи, избавиться от вредных для него животных и растений, но совсем не вредных для остального живого мира. Поэтому человек прежде всего отличается от других видов тем, что взаимодействует с природой через создаваемую им культуру, т.е. человечество в целом, развиваясь, создает на Земле культурную среду обитания благодаря передаче из поколения в поколение своего трудового и духовного опыта. К.Маркс отмечал, что «культура, если она развивается стихийно, а не направляется сознательно... оставляет после себя пустыню».

Остановить стихийное развитие событий помогут лишь знания о том, как ими управлять, и в случае с экологией эти знания должны «овладеть массами», по крайней мере, большей частью общества, что возможно лишь через всеобщее экологическое образование людей, начиная со школьной скамьи и заканчивая вузом.

Экологические знания необходимы каждому человеку, чтобы сбылась мечта многих поколений мыслителей о создании достойной человека среды, для чего надо построить прекрасные города, развить настолько совершенные производительные силы, которые смогли бы обеспечить гармонию человека и природы. Но эта гармония невозможна, если люди враждебно настроены друг к другу и, тем более, если идут войны, что, к сожалению, имеет место. Как справедливо отметил американский эколог Б.Коммонер в начале 70-х гг., «поиски истоков любой проблемы, связанной с окружающей средой, приводят к неоспоримой истине, что коренная причина кризиса заключена не в том, как люди взаимодействуют с природой, а в том, как они взаимодействуют друг с другом... и что, наконец, миру между людьми и природой должен предшествовать мир между людьми».

Таким образом, экологические знания позволяют осознать всю пагубность войн и распрей между людьми, ведь за этим кроется не просто гибель отдельных людей и даже цивилизаций, а это приведет к всеобщей экологической катастрофе, к гибели всего человечества. Значит, важнейшее из экологических условий выживания человека и всего живого – это мирная жизнь на Земле. Именно к этому должен и будет стремиться экологически образованный человек.

ГЛАВА 2. АТМОСФЕРА. ЭКОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ

2.1. Газовый состав воздушной среды и основные загрязняющие компоненты

Воздух атмосферы обеспечивает человека, животных и растительный мир жизненно необходимыми газовыми компонентами, особенно кислородом и углекислым газом. Химический состав чистого сухого воздуха указан в таблице 2.1. Без кислорода невозможно дыхание, т.е. энергетика многоклеточных животных. Наряду с обеспечением процессов жизнедеятельности молекулярный кислород играет исключительную роль в предохранении живых организмов от воздействия коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца.

Молекулы кислорода поглощают УФ- излучение с длиной волны $\lambda < 242$ нм.

Воздух является окислительной средой. Например, если бы содержание кислорода в атмосфере было бы не 21, а 25%, то это привело бы к возгоранию дерева даже под проливным дождем, т.е. все растения на земле были бы давно уничтожены! А при 10% содержании кислорода в атмосфере — не могли бы гореть даже совершенно сухие дрова.

Изменение содержания углекислого газа в атмосфере всего лишь на тысячные доли процента меняет ее проницаемость для отраженных от земной поверхности тепловых лучей. Следовательно, определенное содержание CO_2 в атмосфере очень важно для поддержания нужного температурного режима планеты. Увеличение же доли углекислого газа до 0,1 % приводит к затруднению дыхания, а выше 4% — вызывает аварийную ситуацию.

Озоновый слой атмосферы Земли оберегает все живое от смертельных доз ультрафиолетового излучения Солнца (озоновый слой поглощает излучение с несколько большей длиной волны, чем кислород, $\lambda < 320$ нм). В то же время озон, находящийся в нижних слоях атмосферы, играет негативную роль, так как является основным компонентом фотохимического смога.

Озон (от *греч.*- пахнущий) ощущается по запаху свежести в грозовой период, при работе копировальных или лазерных установок, кварцевых ламп, когда его концентрация увеличивается в десятки раз против обычной. Внутри закрытых помещений озон быстро реагирует с предметами обстановки помещения и стенами, что резко снижает его содержание. При больших концентрациях он способен «сжечь» легкие человека, это сильнейший окислитель, а по токсичности превосходит циановодородную кислоту. ПДК озона в воздухе равна 100 мкг/м^3 (при концентрации 200 мкг/м^3 появляется кашель и хрипота). Озон в приземном слое может создать зону размером до 1000 км^2 , которая распространяется ветром по параллелям земного шара подобно любому другому загрязнению. Поскольку концентрация озона в приземном слое непрерывно возрастает (до 1 % за год), то возникает еще одна проблема:

борьба с озоном в нижних слоях атмосферы.

Следовательно, для обеспечения жизни на Земле должно быть соблюдено относительно постоянное соотношение газового баланса в атмосфере. Наиболее вредными веществами являются **оксид серы (IV), оксиды азота, оксид углерода (II), твердые вещества и углеводороды**. Основные вредные вещества указаны в таблице 2.2.

Основными их называют потому, что они поступают в атмосферу в очень больших количествах. Определение их как вредных веществ оправдано, так как они в локальных или региональных масштабах обнаруживаются в воздухе в таких концентрациях, которые приводят к вредным воздействиям на организм человека.

Все имеющиеся на земле неорганические и органические вещества могут поступать в атмосферу в виде аэрозолей и газов.

Атмосферный аэрозоль – это гетерогенная система, состоящая из твердых или жидких частиц, диспергированных в газе. К ним относится пыль, дым, туман, мгла и смог.

Пыль – это система, состоящая из твердых частиц, образующихся при дроблении, размоле, перегрузке сыпучих материалов. В составе пыли преобладают: SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, C, K₂O, Na₂O, PbO, ZnO, Fe₂O₃, SeO₂, As₂O₃. Размеры твердых частиц могут варьироваться в широких пределах.

Таблица 2.1. Концентрация газов в атмосфере (концентрация основных компонентов дана в объемных %)

Вещество	Концентрация в чистом сухом воздухе на уровне моря
Азот (N ₂)	78.084%
Кислород (O ₂)	20.947%
Аргон (Ar)	0.934%
Водяной пар (H ₂ O)	Не учитывается
Оксид углерода IV (CO ₂)	354 см ³ /м ³ (млн ⁻¹)
Неон (Ne)	18.18 млн ⁻¹
Криптон (Kr)	1.14 млн ⁻¹
Метан (CH ₄)	2 млн ⁻¹
Гелий (He)	5.24 млн ⁻¹
Озон (O ₃)	<0.07 млн ⁻¹ (летом) < 0.02 млн ⁻¹ (зимой)
Ксенон (Xe)	0.087 млн ⁻¹
Оксид азота I (N ₂ O)	0.5 млн ⁻¹
Оксид углерода II (CO)	Следы
Водород (H ₂)	0.5 млн ⁻¹
Аммиак (NH ₃)	Следы
Оксид азота IV (NO ₂)	<0.02 млн ⁻¹
Оксид азота II (NO)	Следы
Оксид серы IV (SO ₂)	<1 млн ⁻¹
Сероводород (H ₂ S)	Следы

Дым – это дисперсная система, состоящая из твердых частиц, образующихся в процессе горения угля, нефти, древесины. Такие частицы имеют размер <1мкм.

Мгла – это смесь, состоящая из твердых частиц, паров и воды.

Туман – это дисперсная система, состоящая из капель жидкости (H₂O, H₂SO₃, H₂SO₄, углеводороды), образующихся при конденсации паров жидкости или при диспергировании жидкости в газе. При коалесценции могут быть получены крупные капли (>100мкм), которые подвержены действию силы тяжести. Мелкие капли переохлаждаются до температуры –40°С. Туманы имеют как природное, так и промышленное происхождение.

Смог (от англ. *smoke* (дым) и *fog* (туман)) – это дисперсная система, представляющая собой совокупность дыма и тумана, которая может также содержать продукты фотохимических реакций. Размеры частиц не превышают 1мкм.

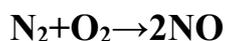
Таблица 2.2. Виды загрязнений воздуха

Загрязнение	Содержание в % по отношению ко всем примесям	ПДК, мг/м³ (среднесуточная)
Угарный газ, CO	48.5	1.0
Оксиды азота, NO _x	15.0	0.085
Оксиды серы, SO _x	8.0	0.05
Углеводороды	13.7	0.15
Твердые частицы	14.8	-

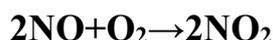
2.2. Химические реакции в атмосфере

2.2.1. Реакции, протекающие в нижних слоях атмосферы

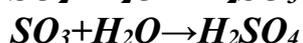
Образование оксидов азота связано прежде всего с работой автомобильного транспорта. В условиях работы двигателей внутреннего сгорания (при температуре выше 1000°С) азот может соединяться с кислородом по реакции:



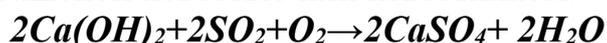
В меньшей степени идет образование оксида азота (IV), так как реакция взаимодействия NO с кислородом требует высокой температуры, а выхлопные газы быстро остывают:

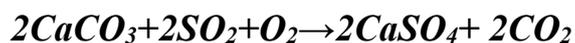


Большая часть оксидов серы попадает в атмосферу при сжигании серосодержащих видов топлива. Соединяясь с водяным паром, SO₂ и SO₃ превращаются в сернистую и серную кислоты соответственно:



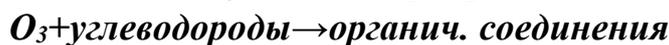
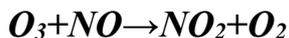
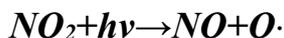
90% оксидов серы можно удалить, обрабатывая продукты сгорания в дымоходных трубах гашеной известью или известняком:





Распыленную с помощью пульверизатора гашеную известь вдувают в поток газов, проходящий через дымоходную трубу.

В настоящее время основной угрозой для горожан является **фотохимический смог** («лос-анджелесского типа»), обусловленный присутствием в атмосфере оксидов азота:



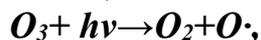
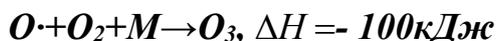
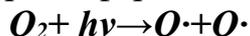
Газы, характерные для фотохимического смога, озон и оксиды азота, ухудшают дыхание. Озон ослабляет работу легких.

Кислородсодержащие органические соединения, например альдегиды, вызывают раздражения глаз, носа и горла, а также головную боль.

Азотсодержащие вещества, образующиеся в результате реакций между оксидами азота и различными органическими соединениями дыма, также вызывают раздражения слизистых оболочек. Наиболее известный из азотсодержащих раздражителей – пероксиацетилнитрат (ПАН) $CH_3COO_2NO_2$.

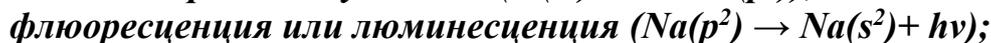
2.2.2. Фотохимические реакции

Важнейшей особенностью химических процессов, протекающих в атмосфере, является образование долгоживущих метастабильных атомов и молекул. Активация молекул происходит в результате поглощения электромагнитного излучения. Такого рода реакции называются **фотохимическими**. В результате взаимодействия возникающих в первичном акте активных молекул и частиц протекают их реакции с другими молекулами и частицами. В качестве примера можно привести процессы, идущие при образовании озонового слоя в стратосфере:



где $M = N_2$ или O_2 . Значительное выделение тепла в данных реакциях объясняет рост температуры в стратосфере по мере увеличения высоты.

Основными типами фотохимических реакций в атмосфере являются:



2.2.3. Химические реакции, контролирующие содержание водяных паров в атмосфере

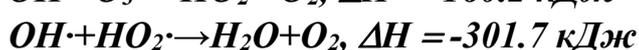
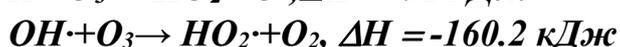
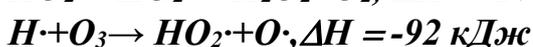
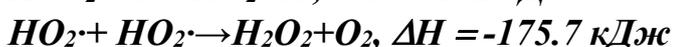
Большое количество водных источников на земной поверхности обуславливает довольно высокие концентрации водяного пара на малых высотах. С увеличением высоты доля воды уменьшается.

Доказательством присутствия воды в мезосфере является наблюдение редкого типа облаков (серебристых), которые находятся на высоте ~80 км.

На высоте ~100 км водяные пары диссоциируют под действием солнечного излучения ($\lambda < 200\text{нм}$):

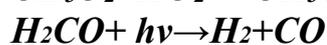
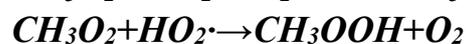
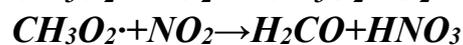
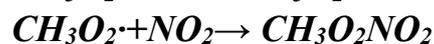
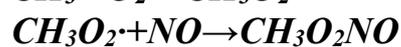
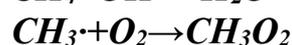
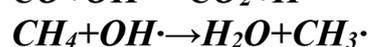
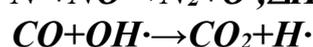
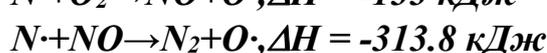
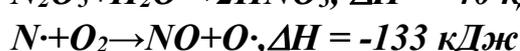
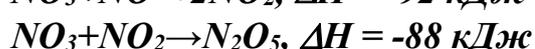
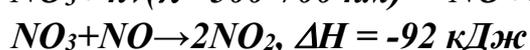
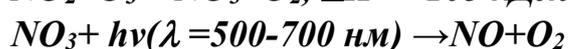
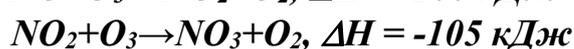
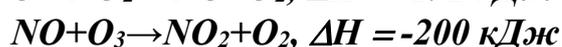
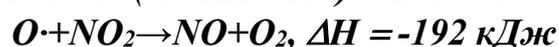


Ниже приведены реакции с участием водорода и кислорода, контролирующие концентрацию водяных паров в атмосфере:



2.2.4. Реакции с участием оксидов азота, оксидов углерода и метана

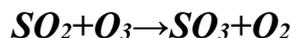
Эти реакции наиболее разнообразны. Ниже приведены лишь некоторые из них.



Примечательно, что многие из этих реакций являются экзотермическими.

2.2.5. Химические реакции, протекающие с участием соединений серы

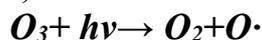
До сих пор систематически велись только измерения содержания соединений серы в стратосфере, однако процессы их образования все еще окончательно не ясны. Наиболее достоверной представляется реакция между оксидом серы (IV) SO_2 и озоном.



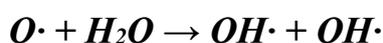
Необходимо также учитывать и возможность взаимодействия SO_2 с радикалами типа $OH\cdot$.



Для тропосферы установлено образование сульфатов в результате реакции SO_2 с радикалами $OH\cdot$, которые образуются по цепным реакциям, сопровождающим фотолиз (разложение под действием электромагнитного излучения) озона. Содержание озона в тропосфере составляет 10—100 млрд⁻¹ (млрд⁻¹ – миллиардные доли, или число частей на миллиард). Под действием света озон претерпевает превращения, образуя либо атомарный кислород в основном состоянии $O(p^3)$, либо возбужденный атом кислорода $O(d^1)$ и метастабильную молекулу O_2 в синглетном состоянии (низший уровень возбужденного состояния с энергией, превосходящей энергию основного состояния всего лишь на 91.1 Дж):



Возбужденный кислород с атмосферными парами воды может образовать радикалы $OH\cdot$:



Исключительно высокореакционноспособные радикалы $OH\cdot$ дают с SO_2 серную кислоту:



В эту реакцию вступает не только SO_2 антропогенного происхождения, но и оксид серы, полученный из восстановленных форм природных соединений серы, которые, видимо, окисляются с помощью радикалов $OH\cdot$ в SO_2 . Тропосферные аэрозоли серной кислоты, в отличие от стратосферных аэрозолей, могут сохраняться в атмосфере только несколько суток — они либо выпадают в осадки вместе с дождями, либо откладываются в твердом виде.

В тропосфере нейтрализация кислотных загрязнений осуществляется в первую очередь пылевидными частицами щелочного и щелочноземельного характера. В настоящее время эти процессы не получили количественной оценки. Они играют большую роль в промышленных районах и больших городах.

Пыль и аэрозоли играют важную роль при коррозионных процессах на металлах и силикатных покрытиях, так как они образуют отложения на гладких поверхностях. Пыль, как правило, содержит гигроскопичные включения, к ним в первую очередь относятся сульфаты и хлориды, которые удерживают влагу.

Во влажной пленке пыли растворяются такие кислотные газы, как SO_2 и HC1 . Оксид серы (IV), реагируя с водой, образует сернистую кислоту:



которая либо под каталитическим воздействием включений различных тяжелых металлов, либо по реакции с радикалами OH , образованными фотохимическим путем, превращается в серную кислоту по уравнению:



Образование сульфат-анионов происходит с участием сернокислотных аэрозолей, фотохимически образованных в тропосфере:



Они отлагаются на поверхности металлов и каменной облицовке. Таким путем возникают особенно характерные для больших городов и их окрестностей тончайшие налеты сульфатов на всех открытых поверхностях. Серная кислота, удержанная осадками пыли и аэрозолей, вызывает значительно более сильную коррозию камня, стекла и металлов, чем в отсутствие этих загрязнений в атмосфере.

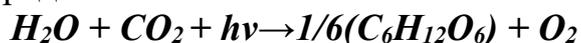
Наряду с накоплением и созданием разрушающей реакционной среды на твердых неорганических материалах пыль и аэрозоли могут нанести значительный ущерб и человеческому организму.

2.3. Экохимические процессы

2.3.1. Кислород. Цикл кислорода

В литосфере кислород присутствует исключительно в связанном состоянии, главным образом в составе силикатов и алюмосиликатов, а также карбонатов.

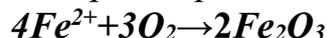
Поступление кислорода в атмосферу связано в основном с процессами фотосинтеза в зеленых растениях. Реальный механизм процесса фотосинтеза чрезвычайно сложен и до конца не выяснен. В общем виде эта фотохимическая реакция может быть представлена схемой:



Процесс реализуется вследствие поглощения квантов света ($h\nu$) молекулами хлорофилла. Фотосинтетическое связывание 1 г углерода сопровождается расщеплением воды и выделением около 2.7 г молекулярного кислорода. Общий поток кислорода составляет примерно 300-350 Гт/год. Установлено, что один гектар дубового леса продуцирует в год около 830 кг кислорода, березового — 725, соснового — 540. Примечательно, что почти 30% всего потока кислорода обеспечивается фитопланктоном морей и океанов, хотя его биомасса несопоставимо мала в сравнении с биомассой растительности континентов. Хозяйственная деятельность человека отрицательно сказалась на видовом разнообразии флоры и фауны. Уже сейчас площадь тропических лесов — «лёгких планеты», поставляющих значительную часть кислорода в атмосферу, составляет всего лишь 55% от первоначальной величины и

сокращается каждый год на 100 тыс. км²(1%). Это больше территории Голландии и Швейцарии вместе взятых.

Присутствующий в атмосфере свободный кислород участвует во многих геохимических процессах. Обычно при этом происходит резкое изменение подвижности связывающихся с ним атомов. Например, многие металлы при окислении их ионов переходят в нерастворимое состояние:



Напротив, окисление восстановленных форм ряда других элементов (например, сульфидной серы) приводит к растворимым и более подвижным соединениям:

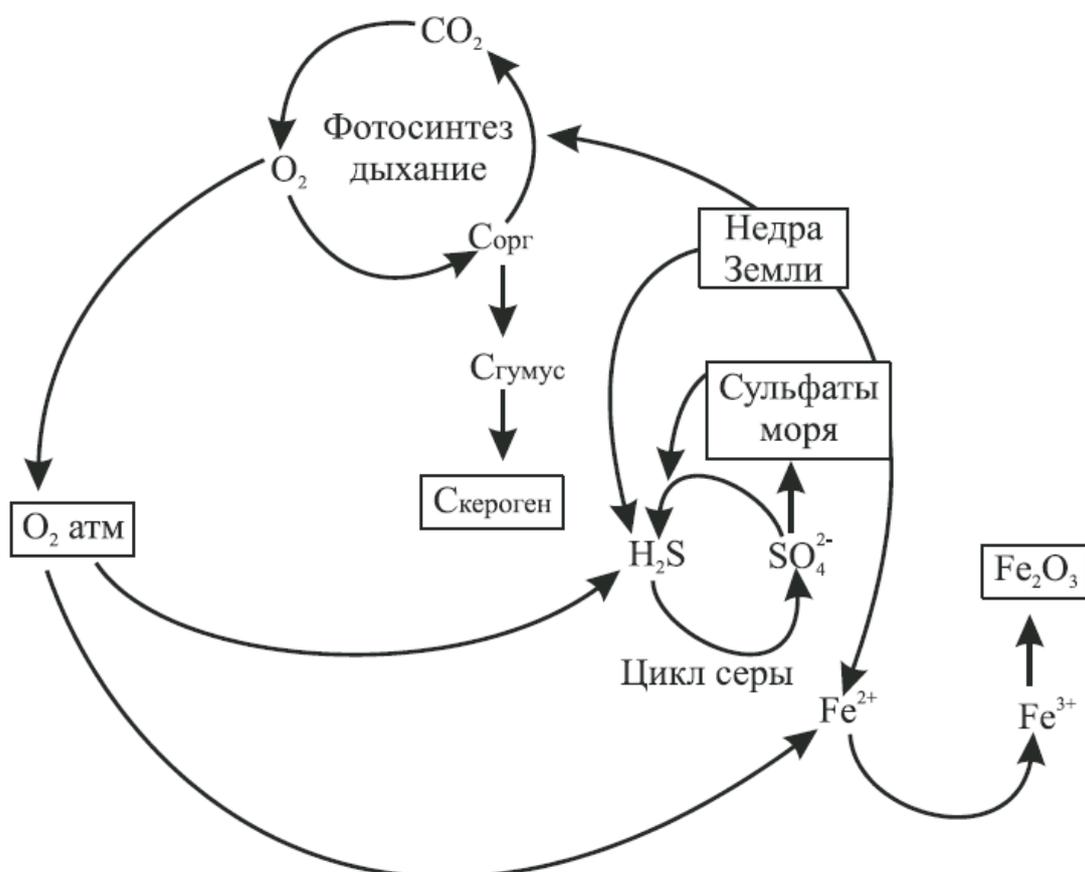
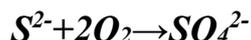


Рис.2.1. Некоторые важнейшие элементы глобального цикла кислорода

Неполная замкнутость глобального цикла углерода является причиной накопления свободного кислорода в атмосфере, образования озоносферы и окисления содержащихся в газовой оболочке планеты восстановленных газов. В связанном состоянии кислород мигрирует главным образом в составе воды.

Основные процессы биогеохимического цикла кислорода, а также его связь с циклами углерода и серы продемонстрированы на рис.2.1.

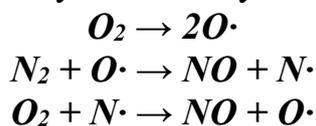
Жизненно важной задачей является сохранение баланса молекулярного кислорода в воздушной среде. Связывание молекулярного кислорода происходит в основном за счет реакций окисления. При этом осуществляется перевод молекулярного кислорода в состав газов атмосферы, минералов, воды, органического вещества и т.д. Так, использование органического топлива

ежегодно приводит к связыванию (в основном виде CO₂) около 10—12 млрд т кислорода атмосферы. Практически все страны с высокоразвитой промышленностью потребляют кислорода больше, чем получают его в процессе фотосинтеза над своей территорией. В то же время уменьшение парциального давления кислорода в атмосфере на 1/3 представляет критический предел для жизни человека — наступает кислородное голодание.

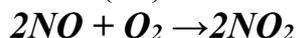
2.3.2. Азот. Цикл азота. Оксиды азота и нитраты

Основное количество азота на Земле содержится в молекулярном состоянии в атмосфере — 75,6% (по массе, 3,87·10⁶Гт) и только 0,01% приходится на литосферу. Азот имеется в почве, растениях и живых организмах, без азота не образуются белковые вещества, необходимые для построения протоплазмы клеток. Животные и большинство растений потребляют не свободный, а связанный азот, так как молекулы азота представляют собой чрезвычайно прочные и химически инертные частицы («азот» в переводе с греческого означает «безжизненный»). В природе значительные количества молекулярного азота связываются в оксиды при естественных процессах — грозах, нитрификации почвы, лесных пожарах. Общее количество оксидов азота, образующихся в этих процессах, составляет около 770 млн тонн в год.

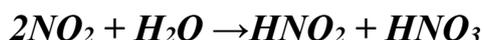
Согласно статистическим данным, в атмосфере каждый год наблюдается до 3 млрд молний. Создаваемые ими высокие температуры в несколько тысяч градусов инициируют процесс взаимодействия молекулярного азота и кислорода по радикально-цепному механизму:



Кратковременное действие высоких температур и быстрое охлаждение продукта реакции — оксида азота (II) — препятствуют протеканию обратной реакции его разложения. В свою очередь оксид азота (II) окисляется кислородом воздуха до оксида азота (IV):

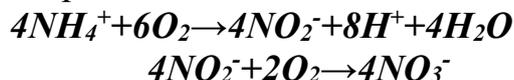


При взаимодействии с атмосферной влагой происходит образование азотистой и азотной кислот:



Эти кислоты могут выпадать на поверхность Земли в виде дождя, внося таким естественным путем азот в почву в форме нитрат- и нитрит- анионов.

В почвах и водных экосистемах также происходит довольно быстрая нитрификация – окисление ионов аммония с образованием более доступных растениям нитритных и нитратных ионов:



В природе молекулярный азот может также фиксироваться клубеньковыми бактериями бобовых растений, дрожжевыми и плесневыми грибами, сине-зелеными водорослями. Превращение молекулярного азота в состояние, усваиваемое растениями, происходит благодаря восстановительному процессу, в котором решающую роль играет фермент нитрогеназа:

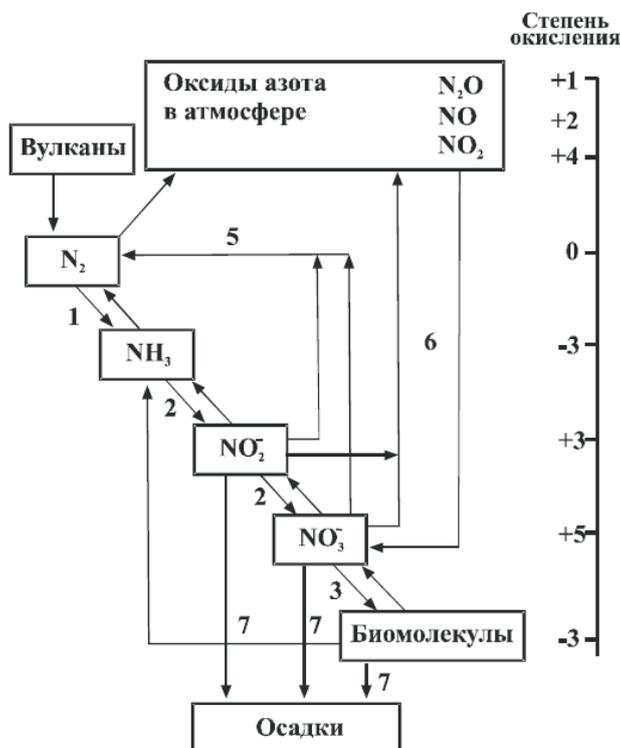


Рис.2.2. Химические соединения, участвующие в цикле азота, отличающиеся по степени окисления

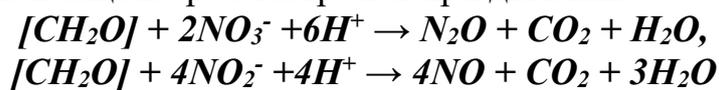
Цифрами обозначены процессы азотфиксации (1), нитрификации (2), включения в растительные ткани (3), аммонификации (4), денитрификации (5), стока из атмосферы при сухом и влажном осаждении на поверхность (6) и осадконакопления (7)

Таким образом, в природе осуществляется азотфиксация и последующее включение атомов азота в неорганические молекулы и биомолекулы. После гибели растений и животных содержащие азот химические соединения подвергаются микробиологическому разложению и, как это показано на примере глицина, аммонификации:



В не возмущенной человеком биосфере азотфиксация и нитрификация в масштабах планеты почти полностью уравниваются противоположным процессом, называемым денитрификацией. Денитрификация – это образование молекулярного азота из органических соединений, нитратов и нитритов в почвах и водных экосистемах в аэробных и анаэробных условиях. Денитрификация не всегда приводит к выделению молекул N₂. Она может также завершаться образованием оксидов азота. Например, в анаэробном

окружении многие микроорганизмы используют нитраты и нитриты в качестве источника энергии и акцептора электронов при дыхании:



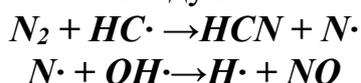
Приведенные уравнения, описывающие в общем виде процессы азотфиксации и нитрификации, демонстрируют тесную связь биотических составляющих циклов азота и углерода: окисление молекул N_2 и восстановление окисленных форм азота происходит с поглощением энергии, выделяющейся при окислении органических соединений, вырабатываемых живыми организмами. Если при этом окисление (фиксация) атмосферного азота может происходить и без участия микроорганизмов, то абиотическая нитрификация в современных окислительных условиях на Земле невозможна.

В связывании атмосферного азота большую долю составляет его промышленная фиксация в процессе производства аммиака, азотной кислоты и азотных удобрений. На эти процессы расходуется примерно 100 млн тонн азота в год.

Важной задачей является познание экологических аспектов действия одних из наиболее опасных и масштабных загрязнителей окружающей среды — оксидов азота NO_x (NO , NO_2). В результате хозяйственной деятельности человека в настоящее время образуется около 60 млн т/год оксидов азота. Основным источником оксидов азота в промышленно развитых странах являются энергетика и транспорт, дающие около 90% выбросов; на долю химической промышленности приходится менее 5%.

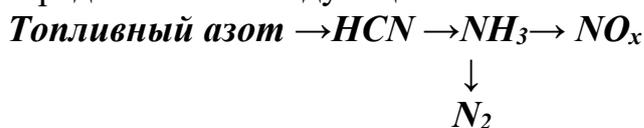
Оксиды азота обладают выраженным общетоксичным и раздражающим действием. При контакте диоксида азота с влажной поверхностью легких происходит образование азотной и азотистой кислот, которые поражают альвеолярную ткань, что приводит к отеку лёгких. С другой стороны, в организме может происходить образование солей этих кислот — нитратов и нитритов, которые вызывают значительные изменения в крови и влияют на сердечно-сосудистую систему. Кроме того, нитраты, поступающие в организм в повышенных дозах, способны повышать частоту инфекционных заболеваний, болезней кожи и подкожной клетчатки, лор-органов, ослабляют иммунитет.

При сжигании природного топлива оксиды азота могут образовываться как за счет высокотемпературного окисления азота воздуха по радикально-цепному механизму, так и в результате взаимодействия радикальных частиц, образующихся при пиролизе (пиролиз — разложение органических соединений при высокой температуре) с азотом воздуха:



Азотсодержащие соединения, входящие в состав топлива (соединения основного характера — производные пиридина, хинолина, акридина, а также различные амиды, нитрилы, производные пиррола, индола, карбазола и другие), также являются источниками образования оксидов азота при его сжигании.

Образование происходит через ряд промежуточных соединений. Одним из промежуточных продуктов окисления азота воздуха и азотсодержащих соединений топлива является такое чрезвычайно ядовитое вещество, как цианистый водород — HCN. Образование HCN отмечено при пиролизе пиридина и при окислении различных азотсодержащих соединений в смесях с топливом при недостатке кислорода. Независимо от природы азотсодержащей добавки (NO, NH₃, CH₃CN или пиридин) связанный азот почти полностью переходит в HCN в реакционной зоне пламени. По мере удаления от этой зоны количество HCN уменьшается за счет превращения в N₂ и NO_x. В продуктах сгорания азотсодержащего топлива при недостатке кислорода, наряду с HCN, N₂ и NO_x, можно обнаружить также и аммиак. Описанные превращения могут быть представлены следующей схемой:



Оксиды азота оказывают большое влияние на глобальную экологическую ситуацию на планете, а, следовательно, и на климат. Наряду с диоксидом серы они способствуют образованию кислотных дождей, наносящих огромный вред живой природе. Кроме того, как было показано выше, оксиды азота могут катализировать разрушение озонового слоя.

Из других оксидов азота, оказывающих существенное влияние на глобальную экологическую ситуацию, следует выделить оксид азота (I) N₂O. Это соединение относится к газам, усиливающим парниковый эффект. Оксид азота (I) отличается чрезвычайной устойчивостью и сохраняется в атмосфере до 170 лет. Его антропогенные выбросы составляют до 25 млн т/год, причем это происходит в основном за счет сведения лесов, сжигания биомассы и разложения азотных удобрений.

Если антропогенные выбросы азота в атмосферу происходят в основном в виде оксидов, а также аммиака, обратное поступление азота на поверхность земли осуществляется в виде нитратного (NO₃⁻) и аммонийного (NH₄⁺) азота.

Загрязнение почв и поверхностных вод соединениями азота связано не только с их глобальными выпадениями из атмосферы, но и в значительной мере с бесконтрольным и непродуманным использованием азотных удобрений (в основном нитратов) в сельском хозяйстве. Поскольку нитрат-анион очень подвижен в естественных условиях (нитраты, в отличие от сульфатов, фосфатов и других солей хорошо растворимы и не связываются частицами почвы), он стал основным загрязнителем грунтовых вод и его концентрация часто превышает нормы, установленные Всемирной организацией здравоохранения. Так, было установлено, что в Европе от 5 до 10% грунтовых вод имеют уровень нитратов выше, чем допустимо (45 мг/л). Нитраты хорошо усваиваются большинством растений, в том числе многими овощными культурами (картофелем, огурцами, капустой, кабачками и др.), используемыми человеком в пищу. Поэтому один из основных вопросов, требующий безотлагательного

решения в виду его важности для здоровья людей, — это регулируемое использование азотных удобрений.

2.3.3. Углерод. Цикл углерода

Из наиболее широко распространенных соединений углерода можно выделить оксид углерода (IV) CO_2 (углекислый газ или диоксид углерода), углеводы, углеводороды, карбонаты. Концентрация CO_2 в атмосфере в настоящее время составляет 354 млн^{-1} , что соответствует массе 750 Гт в пересчете на углерод. В земной коре углерод находится также в составе каменного угля, нефти, в виде графита и реже алмаза.

В природе совершается грандиозный круговорот углерода, связанный с жизнью растительных и животных организмов и хозяйственной деятельностью человека (рис.2.3). Числа на рисунке указывают в миллиардах тонн приход или уход углерода (в форме диоксида углерода) за год или его запас в резервуаре. В этих естественных циклах, один из которых «замыкается» на сушу, а другой — на океан, из атмосферы удаляется ровно столько диоксида углерода, сколько в нее поступает. Он образуется при дыхании растений, животных и человека, в результате разрушения карбонатных минералов и процессов разложения органических остатков, выбрасывается в атмосферу при извержении вулканов, из горячих минеральных источников и т.д.

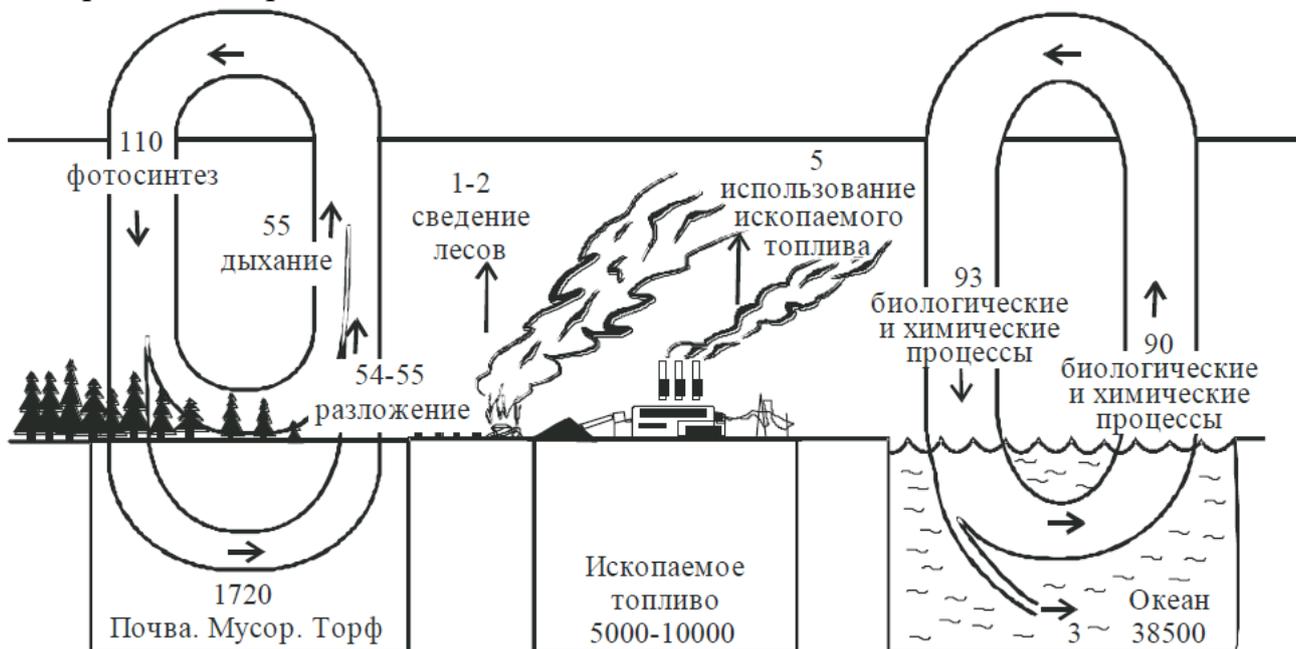


Рис. 2.3. Обмен углеродом между атмосферой и различными резервуарами на Земле

Колоссальный вклад в процесс образования диоксида углерода вносит хозяйственная деятельность человека, которая выражается прежде всего в сжигании огромного количества разнообразного углеродсодержащего топлива и уничтожении лесов в тропических зонах. Это приводит к тому, что содержание углерода в атмосфере ежегодно повышается на 3 млрд т.

2.3.4. Сера. Круговорот серы

Главными резервуарами серы на нашей планете являются земная кора ($18,8 \cdot 10^6$ Гт) и покрывающие ее осадочные породы ($5 \cdot 10^6$ Гт). Высокая растворимость и, как следствие, большой вклад водной миграции сульфатов в глобальную циркуляцию серы обуславливают ее накопление в океаносфере ($1,3 \cdot 10^6$ Гт). В почвах запас серы оценивается примерно в 260 Гт. В живых организмах аккумулировано около 0,76 Гт серы. В атмосфере содержание этого элемента невелико – около 0,0043 Гт.

Распределение масс серы в географической оболочке, представленное на рис. 2.4, позволяет считать, что поступление ее во внешние геосферы происходило главным образом в результате дегазации верхней мантии, а не при выветривании горных пород. Из этой схемы видно также, что сера активно вовлекается не только в водную миграцию, но и в атмосферный перенос.

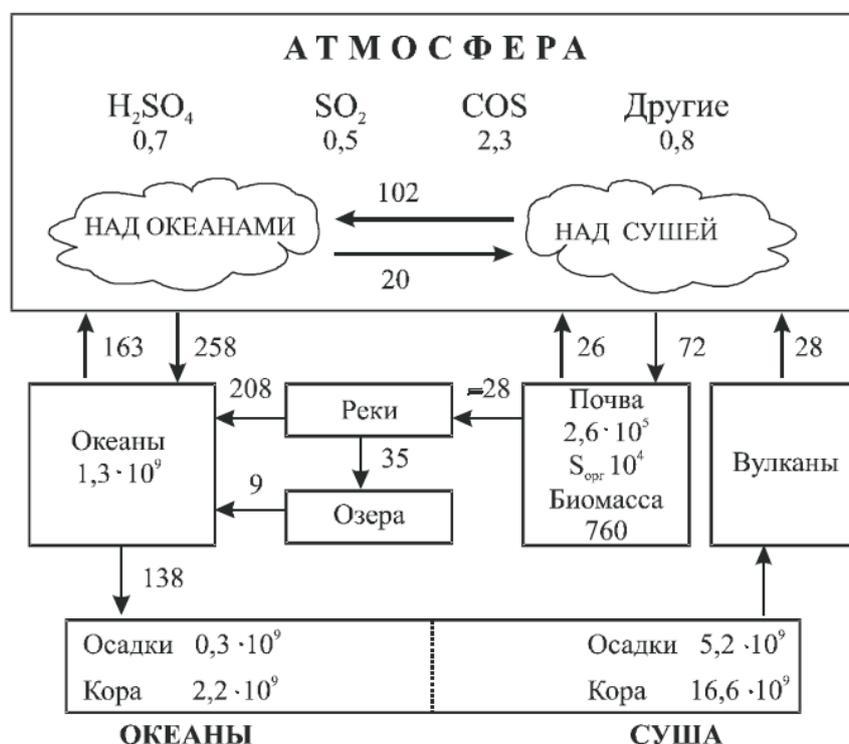


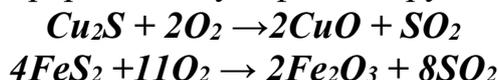
Рис. 2.4. Распределение по резервуарам (Мт) и миграционные потоки (Мт/год) серы в географической оболочке Земли

Круговорот серы в биосфере связан с жизненными циклами животных и растений, химическими процессами, эндогенно-гипергенными процессами (вулканическая деятельность, выветривание и т.д.). Изменение валентного состояния атомов серы, участвующих в глобальном биогеохимическом цикле, представлено на рис. 2.5.

В настоящее время хозяйственная деятельность человека вносит существенные изменения в естественный круговорот серы в природе. Восточно-европейский метеорологический центр проводит регулярные расчеты выпадений соединений серы (диоксид серы и сульфаты) в Европе и на прилегающие к Европе территории и моря.

Большую экологическую опасность с учетом масштабности действия представляет диоксид серы —SO₂, антропогенные суммарные выбросы которого в мире составляют около 150 млн т/г.

Наибольшее количество — до 70% — выбрасывают с дымовыми газами топливно-энергетические установки, перерабатывающие угли и мазуты с большим содержанием серы, а также предприятия цветной и черной металлургии (15%) при переработке сульфидных руд, например:



Наряду с массовыми загрязняющими выбросами медеплавильных заводов, при производстве серной кислоты, при травлении металлов, на литейных производствах, вредное влияние SO₂ сказывается на нефтеперегонных, кожевенных, суперфосфатных и др. заводах, при добыче нефти, в кузницах и котельных.

Пространственное распределение концентрации диоксида серы в атмосфере неоднородно. В течение года более высокие концентрации наблюдаются вблизи крупных промышленных центров в зимние месяцы (максимальная нагрузка предприятий энергетики). В этот период среднемесячные концентрации диоксида серы в 3—6 раз превышают летние значения и составляют 8—16 мкг/м³.

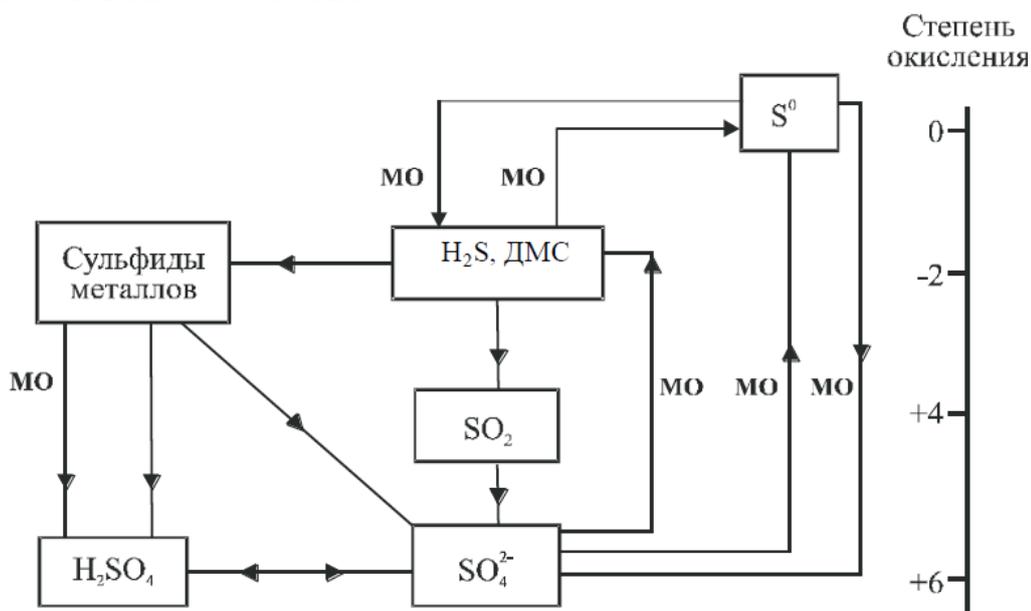


Рис.2.5. Химические соединения, участвующие в цикле серы
МО – процессы, осуществляемые микроорганизмами,
ДМС – диметилсульфид CH₃SCH₃

Воздействие диоксида серы на окружающую среду проявляется в увеличении заболеваемости людей, снижении продуктивности сельскохозяйственных угодий, ускорении коррозии металлоконструкций, разрушении архитектурных сооружений и памятников культуры. По некоторым данным одна тонна выбрасываемой серы может причинить ущерб в размере 2000 долларов.

ГЛАВА 3. ГИДРОСФЕРА И ЕГО СТРОЕНИЕ, СОСТАВ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

3.1. Свойства воды. Состав гидросферы

Вода – единственное химическое соединение, которое существует в природе в виде и жидкости, и твердого вещества (лед), и газа (пары воды). Всем хорошо известно, что вода при нормальных условиях – бесцветная прозрачная жидкость без запаха. Она обладает целым рядом удивительных физико-химических свойств: высоким поверхностным натяжением (с этим свойством связано значительное капиллярное поднятие воды, что способствует питанию растений по корневым системам); высокими температурами кипения и замерзания; удельные энтальпии (теплосодержание) плавления и испарения выше, чем у большинства веществ; плотность воды в жидкой фазе больше плотности льда, поэтому лед плавает на поверхности воды, и водоемы не замерзают до дна. Воду можно рассматривать с химической точки зрения как оксид водорода или гидрид кислорода. Вода является прекрасным растворителем для многих веществ. Благодаря высокой растворяющей способности воды в ней содержатся практически все химические элементы, из которых наиболее важны для живых организмов. Почти все биохимические процессы, обеспечивающие жизнедеятельность организмов, сводятся к реакциям в водных растворах.

Мировой океан. Самым большим звеном гидросферы является Мировой океан — это совокупность всех океанов, морей, заливов, проливов. Мировой океан занимает более 70% поверхности Земли. Он кормит людей, дает им электроэнергию, в его водах растворено много ценных химических элементов. Наука, изучающая океаны, называется - океанология.

Океан — это большой объем соленой воды. Всего на земном шаре 4 океана: самый крупный и глубокий — это Тихий океан, затем идет Атлантический океан, Индийский и Северный Ледовитый океан.

Море — это часть океана, более или менее обособленная и отличающаяся особенностями температуры, солености, характером приливов и отливов. По происхождению моря делятся на тектонические, и образовавшиеся в результате опускания суши (почти все прибрежные моря). По местоположению моря бывают: окраинными (Северное, Баренцево), средиземными располагающимися между материками (Средиземное, Карибское), внутриматериковые находящиеся внутри материков (Балтийское, Белое, Черное), межостровные расположенные между островами и моря, располагающиеся в центре океанов.

Проливы - узкие части океана, разделяющие материки или острова либо их соединяющие. Например, Берингов пролив соединяет Северный Ледовитый и Тихий океаны.

Река - может начинаться с небольшого родника, а может широким потоком изливаться из озера. Жизнь рекам, начинающимся в горах, дают талые

воды ледников, с шумом прокладывая себе путь среди каменных отложений. На равнине в начале пути рек нередко находится болото. Отдельные струи воды, сливаясь, образуют ручьи, которые в свою очередь соединяются в реки. Река принимает притоки, постепенно увеличивается вниз по течению. Площадь суши, с которой вода стекает в реку, также увеличивается. Эта площадь называется водосборным бассейном. Маленький ручей получает питание с площади, редко превышающей несколько тысяч квадратных километров. Большие реки стекают в океаны, моря, озера или теряются в безводных пустынях. Большие реки со всеми впадающими в них реками - притоками большими и малыми - образуют речную сеть. Густота речной сети зависит от природных условий. Питание рек осуществляется несколькими способами. Первый способ - дождевое питание, за счет атмосферных осадков. Второй способ связан с таянием снега и называется - снеговым питанием. Часть воды, находящейся внутри земной коры, также питают реки, и такой способ называется - подземным. Возникшие в давние времена из атмосферных осадков - выпавшего снега, ледники и снежники сохраняют влагу и отдают ее во время таяния (ледниковое питание). Река редко получает питание только от одного источника, такое питание называется смешанным.

Озера среди поверхностных вод суши занимают особое место. Они отличаются замедленным водообменом, своеобразным термическим режимом, химическим составом, значительными изменениями уровня. Озера образуются в замкнутых понижениях на суше, которые возникают в результате проявления эндогенных процессов, протекающих внутри Земли и внешних экзогенных процессов. По способу образования выделяют свыше 70 типов озерных котловин. Строение озерных котловин, форма, величина, глубина и даже некоторые свойства озерных вод во многом зависят от происхождения. Чаще всего на Земле встречаются озера тектонического происхождения, ледниково-аккумулятивного, эрозионно-аккумулятивного, мерзлотного, карстового, эолового происхождения. Значительно реже можно встретить вулканические озера и совсем редко - озера метеоритные.

Подземные воды - К данному типу гидросферы относятся родники, источники, ключи, грунтовые воды, воды, залегающие в верхних и нижних слоях литосферы. По предварительным подсчетам их примерно в три раза меньше, чем вод Мирового океана. Нахождение вод под землей также связано с характером водовмещающих пород. «Подземные воды имеют различное происхождение и подразделяются на:

- ювенильные, образовавшиеся (по гипотезе М.В. Ломоносова) при магмагенных процессах;

- инфильтрационные, сформировавшиеся за счет просачивания атмосферных осадков сквозь толщу проницаемых почв и грунтов и скопившиеся на водонепроницаемых слоях;

- конденсационные, накопленные в горных породах при переходе водяного пара в грунтовой атмосфере в жидкое состояние;

-воды, погребенные осадками в поверхностных водоемах.» [8]



Рис.3.1. Подземные воды.

Болота - чтобы образовалось болото необходимо скопление на поверхности земли большого количества стоячей воды. Чаще всего этому способствует влажный климат, а также неглубоко залегающие грунтовые воды. Болота нередко возникают на месте заросших озер. Также болота развиваются в районах вечной мерзлоты. Болота различаются по преобладающей на них растительности, по рельефу, по местоположению. Низинные болота располагаются в понижениях рельефа - речных долинах, по берегам озер. К ним близко подходят грунтовые воды, питающие растения необходимыми солями, поэтому растительный покров таких болот представлен разнообразной растительностью. В верховых болотах растительность отделена от почвы слоем торфа и получает питание лишь с атмосферными осадками, которые крайне бедны солями, необходимыми растениям. Низинные болота очень медленно накапливают торфяной слой (в среднем 1 мм в год) и постепенно превращаются в верховые болота.

3.2. Глобальный круговорот воды в географической оболочке

Один из важнейших процессов в географической оболочке — круговорот воды. Движения воды в различных формах сопровождаются разрушением неровностей земной поверхности, переносом большого количества тепловой энергии и минеральных веществ. Поступление воды с океанов на поверхность суши обеспечивает сложившиеся здесь физико-географические условия: существование рек, рост и развитие растений и животных, формирование почв, в конечном счете существование и нормальное развитие природных комплексов. Гидросфера, как уже говорилось, возникла благодаря выделению воды из мантии при гравитационной дифференциации вещества Земли. Этот процесс продолжается. Считают, что масса воды на земной поверхности увеличивается на протяжении геологической истории, несмотря на некоторые

потери. Часть воды (соответствующая примерно сто сорокаметровому слою воды в океане) была изъята в процессе создания органического вещества и захоронения его в недрах. Другая часть воды потеряна в процессе диссипации составляющих ее элементов, в первую очередь водорода, в Космос. На высоте 70—100 км наблюдается диссоциация молекул воды на H^+ и OH^- . Водород как наиболее легкий газ затем улетучивается в Космос. Количественные оценки этого процесса, произведенные разными учеными, различаются на несколько порядков, поэтому оценка роли этого процесса в планетарном водном балансе пока затруднительна. В географической оболочке перемещение воды совершается в различных формах. Все водоемы связаны между собой. В них происходит постепенная смена воды. Скорость водообмена неодинакова. Она зависит от множества причин, среди которых важную роль играет агрегатное состояние воды и характер водовмещающей среды.

Наиболее быстро обмен воды происходит в организмах — за несколько часов. Смена влаги в атмосфере и руслах рек осуществляется за несколько дней. Для смены воды, находящейся в озерах и болотах, требуется несколько лет. В остальных водных системах этот процесс длится сотни и тысячи лет. Правда, в океанах за счет внутреннего водообмена (океанических течений) полная смена вод происходит гораздо быстрее — за 63 года. Особенно медленно процесс смены воды протекает в ледниках и подземных льдах зоны многолетней мерзлоты. В круговороте воды можно выделить три основных звена: материковое, океаническое и атмосферное.

Материковое звено круговорота воды. Сложную цепь переходов претерпевает вода на суше. Попадая на поверхность суши в виде атмосферных осадков, вода частично просачивается в почвогрунты, частично стекает по поверхности, формирует поверхностный и речной сток, а затем вливается в озера, моря и океаны (рис. III.9). Просочившаяся в почвогрунты вода частично поднимается по корневой системе и стеблям растений, а также по почвенным капиллярам к поверхности и испаряется. Испарение воды через листья растений называется транспирацией. Другая часть просочившейся в грунт влаги перемещается в виде внутрипочвенного стока и подземных вод более глубоких горизонтов. Она выходит на земную поверхность на склонах (источники), в руслах рек или на дне озер и морей. Перемещение влаги в почвогрунтах совершается гораздо медленнее, чем в атмосфере или при поверхностном стоке, поэтому почвогрунты сглаживают резкие всплески притоков воды в виде атмосферных осадков, которые, как известно, выпадают неравномерно.

Круговорот воды. Особый характер имеет динамика ледников. В ледниках сосредоточена большая часть запасов пресной воды земного шара. Особенно большие запасы воды в материковых ледниках, мощность которых до 4 км. Они характерны для Антарктиды и Гренландии. Под действием собственной тяжести ледники растекаются по краям. В результате создается динамическое равновесие: поступающие новые порции снега постепенно в результате самоуплотнения переходят в фирновый лед. В итоге возникает избыток массы по сравнению с равновесной фигурой вязкого ледяного тела.

Начинается движение льда к краям покрова, стремящееся восстановить фигуру равновесия. Скальвающиеся глыбы льда на краях ледниковых покровов образуют айсберги. Скорость движения материковых льдов колеблется от нескольких сантиметров (в центре) до нескольких километров (у края) в год.



Схема бюджета материковой массы льда. Горные ледники движутся от области питания к области абляции в виде языков. Края ледников располагаются на таком уровне, где поступление льда сверху оказывается равным количеству растаявшего и испарившегося льда. Этот уровень соответствует снеговой линии. Скорость движения горных ледников от единиц метров небольших ледников до нескольких сотен метров в год у крупных. Масса ледников на Земле не остается постоянной. В течение геологической истории географическая оболочка пережила несколько крупных материковых оледенений. В периоды великих оледенений большие массы воды изымались из океана и сосредотачивались в виде полярных материковых покровов. Периоды оледенений сменялись более продолжительными периодами, в которые полярные ледники вообще отсутствовали на Земле. Изменение массы ледниковых покровов приводит к изменению структуры влагооборота, к изменению соотношения площадей суши и океана и, естественно, влечет за собой целую цепь изменений в природном облике большинства районов земного шара. Подсчитано, например, что полное таяние ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии вызовет повышение уровня Мирового океана на 60 м. Это приведет к увеличению площади водной поверхности на 20 млн. км².

Влияние ледников на природу земной поверхности хорошо изучено в пределах последних нескольких миллионов лет геологической истории.

Океаническая циркуляция. Океан более устойчив, чем атмосфера. Он нагревается главным образом сверху за счет поглощения солнечной радиации и теплового излучения атмосферы. Геотермический поток, идущий к океаническому дну из земных недр, незначителен и не оказывает существенного влияния на его тепловой режим. Нагревание сверху делает океан гидростатически устойчивым (верхние слои прогреваются, а нижние оказываются холодными), поэтому вертикальные движения в океане выражены гораздо слабее, чем в атмосфере. На замедление обмена в океане оказывает влияние и более высокая плотность воды (по сравнению с воздухом). Общая совокупность перемещений воды в океане складывается из движений и круговоротов различных пространственных и временных масштабов. Периоды движений колеблются от секунд (и менее) до многих сотен лет, а пространственные масштабы течений — от миллиметров до тысяч километров: турбулентность, поверхностные и внутренние волны, приливы и отливы, океанические меандры и вихри, океанические течения и др. В этом спектре движений особый интерес с позиций общего землеведения представляет общая циркуляция океанических вод — устойчивая крупномасштабная система движений. В соответствии с зональным распределением солнечной энергии по поверхности планеты и в океане, и в атмосфере создаются однотипные и генетически связанные циркуляционные системы. Перемещение и водных, и воздушных масс определяется общей для атмо-и гидросферы закономерностью: неравномерным нагреванием и охлаждением поверхности Земли. От этого в одних районах возникают восходящие токи и убыль масс, в других — нисходящие токи и увеличение масс (воды, воздуха). Рождается импульс движения. Среди факторов возникновения океанической циркуляции различают механические и термохалинные. Важнейший механический фактор — ветровое трение о поверхность воды, благодаря которому океан получает механическую энергию от атмосферы. Ветер вызывает дрейфовые течения, которые обуславливают сгон воды в одних районах и нагон в других. Возникают разности уровней воды и соответствующий градиент давления, которые вызывают течения, называемые градиентными (стоковые и сгонные). Все течения такого рода называют ветровыми, поскольку в основе их возникновения находится движение воздуха. Некоторое значение в качестве механического фактора имеет неравномерное распределение атмосферного давления, вызывающее понижение уровня океана в областях высокого давления и повышение в областях низкого давления.

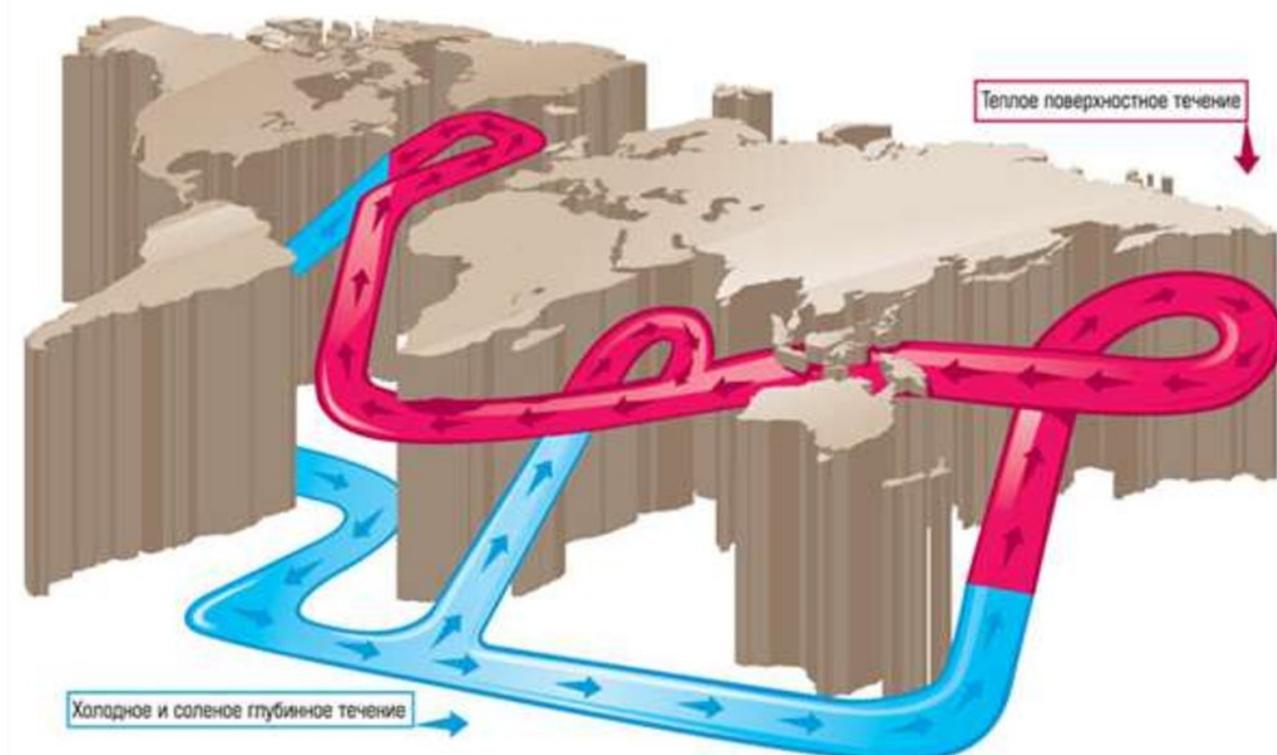
Термохалинные факторы (получение и отдача тепла, атмосферные осадки, испарение, приток воды с материков) влияют на температуру и соленость воды и тем самым определяют ее плотность. Более плотные воды опускаются (особенно эффективен процесс испарения, который делает воду более холодной и одновременно более соленой), что приводит к вертикальному перемешиванию. Вертикальные движения вызывают горизонтальные.

Следовательно, циркуляция, вызванная термохалинными факторами, дополняет ветровую. Система океанических течений напоминает кровеносную систему гигантского существа. Многие ученые образно сравнивали водные потоки Земли с кровью. И это справедливо. Течения переносят значительное количество тепловой энергии, солей, питательных веществ, т. е. выполняют примерно те же функции, что и кровеносная система. В настоящее время хорошо изучена циркуляция поверхностных вод. Она захватывает верхние сотни метров. Внимательное изучение картины поверхностных течений (рис. III. 11) позволяет увидеть большое сходство системы течений в различных океанах, несмотря на различия очертаний берегов океанов и рельефа их дна. Характерная черта системы — замкнутые циркуляционные образования — круговороты. В Атлантическом океане тропический круговорот в северном полушарии включает следующие течения: Северное Пассатное, Гольфстрим, Североатлантическое, Канарское; в южном полушарии — Южное Пассатное, Бразильское, Южноатлантическое, Бенгельское. Характер движения в течениях, образующих круговороты в тропических областях, антициклонический, т. е. течения движутся по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой — в южном. Тропические океанические круговороты примерно соответствуют стационарным атмосферным антициклонам.

Основные течения на поверхности Мирового океана. В умеренных и субполярных широтах северного полушария течения образуют круговороты, направленные против часовой стрелки. Характер вращения в них циклонический. Эти круговороты примерно соответствуют климатическим минимумам атмосферного давления, т. е. областям, в которых в течение года преобладает циклоническая циркуляция. В южном полушарии систем течений такого рода нет. На этих широтах океаны в южном полушарии не разделены материками (там располагаются воды, выделяемые некоторыми исследователями в Южный океан). Вследствие этого образуется мощное Антарктическое циркумполярное течение (течение западных ветров), направленное с запада на восток, и слабо выраженное противотечение, направленное вдоль берегов Антарктиды в противоположную сторону. Антициклонические и циклонические круговороты в каждом полушарии связаны между собой таким образом, что один из потоков входит одновременно в оба круговорота. Например, Североатлантическое течение является северной ветвью тропического круговорота и одновременно южной ветвью циклонического круговорота умеренных и субполярных широт. Благодаря этому круговороты взаимодействуют между собой. Круговороты океанических течений являются отражением всеобщего процесса динамического равновесия, наблюдающегося в океане: убыль массы воды в любой точке компенсируется ее поступлением, и наоборот. Такую природу имеет одно из самых великих течений земного шара — Гольфстрим. Оно возникает главным образом вследствие накопления водных масс в западной части Атлантического океана, приносимых Северным Пассатным и Гвианским течениями. Следовательно, поверхностная циркуляция Мирового океана представляет собой систему

гигантских, чередующихся в пространстве циклонических и антициклонических круговоротов, главные звенья которых примерно соответствуют средним движениям в атмосфере: пассатам, западным ветрам и др. Зональные движения в океане, как и в атмосфере, доминируют, меридиональные течения (Гольфстрим, Куроисио, Канарское, Калифорнийское, Перуанское, Бразильское и др.) представляют собой замыкающие звенья в условиях расчленения океанов материками. Кроме систем течений, образующих циклонические и антициклонические круговороты, следует назвать экваториальные межпассатные противотечения. Они направлены с запада на восток между северными и южными пассатными течениями и в значительной мере являются компенсационными — переносят часть избытка масс, создающегося за счет мощных восточно-западных пассатных течений в западных частях океанов. Противотечения широко распространены в подповерхностных и глубинных слоях. Хорошо они изучены в экваториальной зоне, где захватывают значительную часть водного слоя (от 50 до 300 м) и направлены на восток. В Тихом океане экваториальное подповерхностное противотечение было названо в честь его исследователя Т. Кромвелла течением Кромвелла, в Атлантическом — в честь М. В. Ломоносова течением Ломоносова.

Схема циркуляции вод Мирового океана



Поверхностные воды связаны с глубинным и вертикальным обменом. Хотя вертикальные движения на 3—5 порядков меньше горизонтальных (в атмосфере, как указывалось выше, вертикальные движения также значительно уступают по интенсивности горизонтальным), их роль велика, поскольку благодаря им происходит обмен поверхностных и глубинных вод энергией,

солями, питательными веществами. Наиболее интенсивный вертикальный обмен осуществляется в зонах конвергенции (сходимости) и дивергенции (расходимости) потоков водных масс. В зонах конвергенции наблюдается погружение водных масс, в зонах дивергенции — подъем их к поверхности, называемый апвеллингом. Зоны дивергенции формируются в областях циклонических круговоротов, где центробежные силы разносят воды от центра к периферии и возникает подъем вод в центральной части круговорота. Дивергенция возникает и у берегов, там, где преобладает ветер с суши (сгон поверхностных вод). В антициклонических системах и в тех прибрежных зонах, где преобладает ветер с океана, происходит опускание вод. Распределение зон конвергенции и дивергенции однотипно в различных океанах. Оно показано на рис. 3.2 для идеализированного океана и характеризуется следующими закономерностями. Несколько севернее экватора располагается экваториальная конвергенция.

По обе стороны от нее по ложбинам тропических циклонических систем протягиваются тропические дивергенции, затем по осям субтропических антициклонических систем — субтропические конвергенции. Высокоширотным циклоническим системам соответствуют полярные дивергенции, гребню арктического круговорота воды — арктическая конвергенция. Идеализированная схема циркуляции поверхностных вод океана. Циркуляция более глубоких слоев Мирового океана изучена хуже. Непосредственное их изучение связано с определенными техническими трудностями, поэтому большее значение в изучении глубинной циркуляции приобретают теоретические методы. На глубине интенсивность движений уменьшается, возрастает значение меридиональных переносов. Они по величине становятся равными зональным. Масштаб циркуляционных форм на глубине уменьшается, направление и характер движений становятся менее упорядоченными. Характерно, что циркуляция нижней сферы Мирового океана (глубже 4000 м) в разных океанах неодинакова, что в значительной степени объясняется индивидуальными особенностями водных масс, очертаний берегов и рельефа дна. Предполагают, что большая часть придонных вод Мирового океана образуется при опускании вод в северной и южной частях Атлантического океана (несколько южнее Гренландии и недалеко от Антарктиды, восточнее шельфового ледника Ларсена в море Уэдделла). Эти холодные воды полярных областей заполняют нижние слои океанов, определяя их низкую температуру. В целом с глубиной циркуляция все меньше связана с процессами, происходящими в зоне контакта основных геосфер, подобно тому как в атмосфере главные особенности процессов у земной поверхности находят отражение лишь в тропосфере. Картина океанических течений получена в результате осреднения (как и картина атмосферной циркуляции). Реальная ситуация гораздо сложнее, ибо течения меняют свою скорость, интенсивность, а иногда и направление. Некоторые течения временами исчезают. Океанические потоки имеют сложную структуру. Подобно рекам они меандрируют, подобно воздушным потокам образуют завихрения.

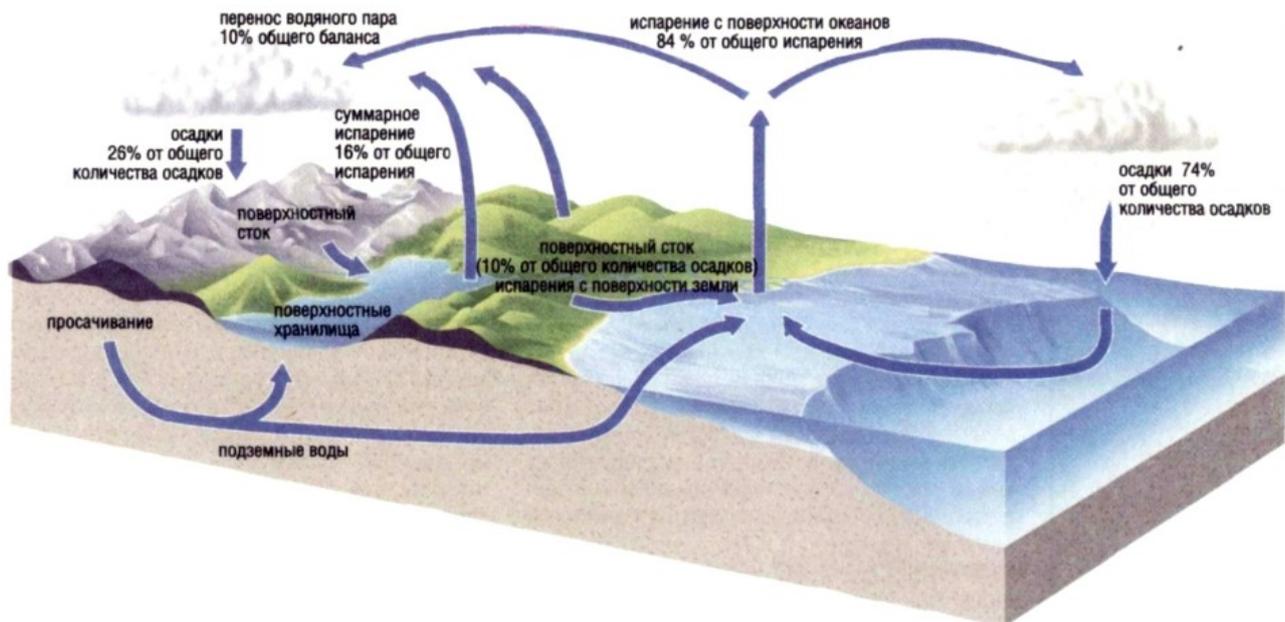
Океанические вихри в последние десятилетия активно изучаются. Большой вклад в их изучение, как и в изучение всех основных процессов в Мировом океане, вносят советские исследователи. Структура поверхностных океанических течений, захватывающих верхние сотни метров, в основных чертах совпадает со структурой атмосферной циркуляции. Исключения составляют западные течения, замыкающие круговороты и идущие не обязательно по ветру, и межпассатные противотечения. Возникает естественное желание связать океанические течения с ветром и сделать вывод о наличии простой причинно-следственной цепи ветер — океанические течения, приняв при этом, что поверхностные воды смещаются с места под действием касательного трения о водную поверхность. В действительности существуют более сложные связи атмосферы и океана. Атмосфера возбуждает основные океанические течения, но большую часть энергии она получает от океана (причем 80 % за счет скрытой теплоты испарения). Распределение энергии в значительной степени зависит от структуры океанических течений (больше всего теплоты океан передает атмосфере в районе Гольфстрима и Курошио). В результате атмосферные движения вынуждены приспособливаться к структуре океанических течений, поэтому океанические и воздушные течения образуют единую систему, возникающую в результате приспособления их друг к другу. Следует также отметить, что океан обладает большой тепловой и динамической инерцией. Его реакции на воздействия атмосферы запаздывают и их взаимодействие приобретает сложный характер. Океан, по образному выражению А. С. Мони́на, является своего рода «запоминающим устройством», хранящим «отпечатки» атмосферных возмущений за некоторый предшествующий период. Атмосферное звено круговорота воды. Следующее звено круговорота воды на земле — атмосферное. Содержание воды в атмосфере невелико. При осаднении всей воды, содержащейся в атмосфере, на земную поверхность образуется слой всего лишь в 25 мм. Но атмосфера выполняет важные функции в интеграции всех водных резервуаров в единую систему влагооборота. Важное значение имеет большая подвижность атмосферы, благодаря которой идет интенсивный влагообмен. За год атмосферная влага сменяется примерно 45 раз (т. е. примерно один раз за 8 дней). В результате на земную поверхность выпадает слой осадков высотой примерно 1,1 м. Поступление влаги в атмосферу происходит за счет испарения. Ежегодно с поверхности земного шара испаряется 577-1012 м³ воды, причем 505-1012 м³ из них испаряется с поверхности океана. В атмосфере на уровне облаков водяной пар конденсируется, причем зачастую до этого он переносится на большие расстояния. Вместе с водяным паром переносится энергия, перешедшая в скрытую форму при испарении. Общая величина этой энергии составляет более 80 % радиационного бюджета. Выделение в атмосферу скрытого тепла при конденсации — важнейший энергетический источник атмосферных движений. Вот почему водяной пар иногда образно называют «основным топливом атмосферы».

Влагооборот в системе Мировой океан-атмосфера-суша. Мировой водный баланс. На поверхность Мирового океана выпадает $458 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ воды, т. е. на $47 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ меньше испарившейся с него влаги. Эта разность в конечном счете переносится на сушу и вместе с водой, испарившейся на суше, формирует атмосферные осадки ($119 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$). Часть выпавшей над сушей влаги снова вовлекается в испарение ($72 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$), другая часть формирует сток (реки, ледники, подземные воды и др.), который в конечном счете направляется в океан, компенсируя превышение атмосферных осадков над испарением. Общую схему круговорота воды на поверхности Земли можно описать двумя уравнениями водного баланса:

для поверхности Мирового океана — $E_0 = X_0 + f$,

для поверхности суши — $X_c = E_c + f$,

где E_0 — испарение с поверхности океана, E_c — испарение с поверхности суши, X_0 — атмосферные осадки над океаном, X_c — атмосферные осадки над сушей, f — сток с континентов (приток в океан).

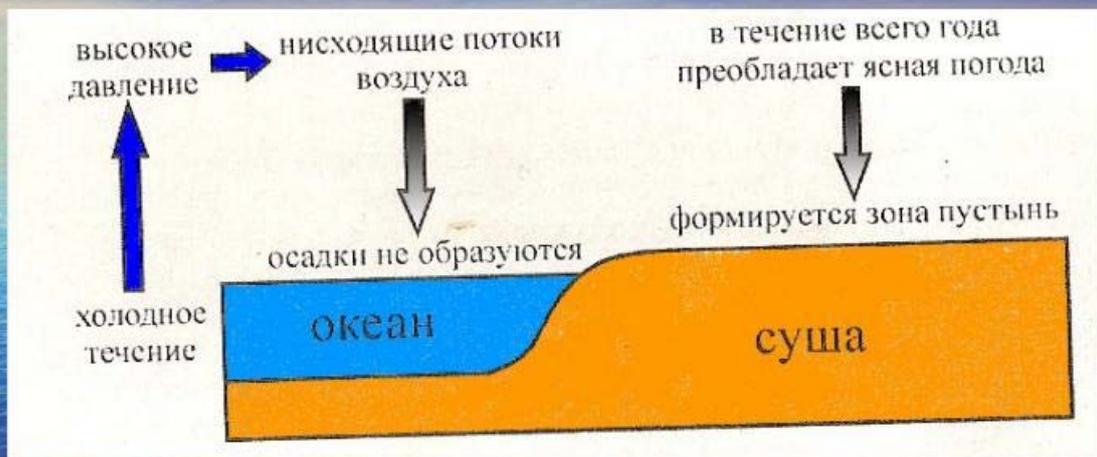


Однако не всюду на океанах испарение превышает осадки. В умеренных и полярных областях, а также в приэкваториальной зоне осадков выпадает больше, чем испаряется.

Влагооборот океан-атмосфера. Хозяйственное звено круговорота воды. Круговорот воды в хозяйственных системах по объему переносимой воды значительно уступает трем основным звеньям, но имеет важное значение для баланса пресной воды во многих районах земного шара. Основными потребителями пресной воды являются сельское хозяйство, промышленность и население. В сельском хозяйстве наибольшее количество воды расходуется на орошение ($1,9 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ в начале семидесятых годов), причем около 80% этой воды безвозвратно покидает речную сеть. Безвозвратным потреблением называют такое использование воды, при котором она связывается в химических соединениях или расходуется на испарение. Все больше

возрастают потери воды на испарение с поверхности водохранилищ. По отношению к речному стоку всей Земли количество используемой воды невелико. Однако речной сток распределен по земной поверхности очень неравномерно. Также неравномерно распределено и водопотребление. Особенно оно велико в густонаселенных районах. Поэтому в наиболее густонаселенных районах уже существует дефицит водных ресурсов, и он растет с каждым годом. Проблема дефицита вынуждает все шире осуществлять территориальное перераспределение воды.

Взаимодействие океана и атмосферы



Влияние холодного течения на климат побережья

3.3. Загрязнение природных вод

Всякий водоем или водный источник связан с окружающей его внешней средой. На него оказывают влияние условия формирования поверхностного или подземного водного стока, разнообразные природные явления, индустрия, промышленное и коммунальное строительство, транспорт, хозяйственная и бытовая деятельность человека.

Последствием этих влияний является привнесение в водную среду новых, несвойственных ей веществ – загрязнителей, ухудшающих качество воды. Загрязнения, поступающие в водную среду, классифицируют по-разному, в зависимости от подходов, критериев и задач.

Так, обычно выделяют химическое, физическое и биологические загрязнения. Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных химических свойств вода за счет увеличения содержания в ней вредных примесей как неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, повеохностноактивные вещества, пестициды).

Неорганическое загрязнение. Основными неорганическими (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются разнообразные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды. Это соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора. Большинство из них попадает в воду в результате человеческой деятельности. Тяжелые металлы поглощаются фитопланктоном, а затем передаются по пищевой цепи более высокоорганизованным организмам. Токсический эффект некоторых наиболее распространенных загрязнителей гидросферы представлен в таблице:

Вещество	Планктон	Ракообразные	Моллюски	Рыбы
Медь	+++	+++	+++	+++
Цинк	+	++	++	++
Свинец	-	+	+	+++
Ртуть	++++	+++	+++	+++
Кадмий	-	++	++	++++
Хлор	-	+++	++	+++
Роданит	-	++	+	++++
Цианид	-	+++	++	++++
Фтор	-	-	+	++
Сульфид	-	++	+	+++

Степень токсичности (примечание)

- - отсутствует

+ - очень слабая

++ - слабая

+++ - сильная

++++ - очень сильная

Кроме перечисленных в таблице веществ, к опасным загрязителям водной среды можно отнести неорганические кислоты и основания, обуславливающие широкий диапазон рН промышленных стоков (1,0 – 11,0) и способных изменять рН водной среды до значений 5,0 или выше 8,0, тогда как рыба в пресной и морской воде может существовать только в интервале рН 5,0 – 8,5.

Среди основных источников загрязнения гидросферы минеральными веществами и биогенными элементами следует упомянуть предприятия пищевой промышленности и сельское хозяйство. С орошаемых земель ежегодно вымывается около 6 млрд. т. солей. К 2000 году возможно увеличение их массы до 12 млрд. т./год.

Отходы, содержащие ртуть, свинец, медь локализованы в отдельных районах у берегов, однако некоторая их часть выносится далеко за пределы

территориальных вод. Загрязнение ртутью значительно снижает первичную продукцию морских экосистем, подавляя развитие фитопланктона. Отходы, содержащие ртуть, обычно скапливаются в донных отложениях заливов или эстуариях рек.

Дальнейшая ее миграция сопровождается накоплением метиловой ртути и ее включением в трофические цепи водных организмов. Так, печальную известность приобрела болезнь Минамата, впервые обнаруженную японскими учеными у людей, употреблявших в пищу рыбу, выловленную в заливе Минамата, в который бесконтрольно сбрасывали промышленные стоки с техногенной ртутью.

Органическое загрязнение. Среди вносимых в океан с суши растворимых веществ, большое значение для обитателей водной среды имеют не только минеральные, биогенные элементы, но и органические остатки. Вынос в океан органического вещества оценивается в 300 – 380 лшн. т./год. Сточные воды, содержащие суспензии органического происхождения или растворенное органическое вещество, пагубно влияют на состояние водоемов.

Осаждаясь, суспензии заливают дно и задерживают развитие или полностью прекращают жизнедеятельность данных микроорганизмов, участвующих в процесссамоочищения вод. При гниении данных осадков могут образовываться вредные соединения и отравляющие вещества, такие как сероводород, которые приводят к загрязнению всей воды в реке. Наличие суспензий затрудняют также проникновение света в глубь воды и замедляет процессы фотосинтеза.

Одним из основных санитарных требований, предъявляемых к качеству воды, является содержание в ней необходимого количества кислорода. Вредное действие оказывают все загрязнения, которые так или иначе содействуют снижению содержания кислорода в воде. Поверхностноактивные вещества – жиры, масла, смазочные материалы – образуют на поверхности воды пленку, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает степень насыщенности воды кислородом.

Значительный объем органических веществ, большинство из которых не свойственно природным водам, сбрасывается в реки вместе с промышленными и бытовыми стоками. Нарастающее загрязнение водоемов и водостоков наблюдается во всех промышленных странах. Информация о содержании некоторых органических веществ в промышленных сточных водах предоставлена ниже:

В связи с быстрыми темпами урбанизации и несколько замедленным строительством очистных сооружений или их неудовлетворительной эксплуатацией водные бассейны и почва загрязняются бытовыми отходами. Особенно ощутимо загрязнение в водоемах с замедленным течением или непроточных (водохранилища, озера). Разлагаясь в водной среде, органические отходы могут стать средой для патогенных организмов.

Вода, загрязненная органическими отходами, становится практически непригодной для питья и других надобностей. Бытовые отходы опасны не

только тем, что являются источником некоторых болезней человека (брюшной тиф, дизентерия, холера), но и тем, что требуют дня своего разложения много кислорода.

Если бытовые сточные воды поступают в водоем в очень больших количествах, то содержание растворимого кислорода может понизиться ниже уровня, необходимого для жизни морских и пресноводных организмов.

Нефть и нефтепродукты. Нефть представляет собой вязкую маслянистую жидкость, имеющую темно-коричневый цвет и обладающую слабой флуорисценцией. Нефть состоит преимущественно т насыщенных алифатических и гидроароматических углеводородов. Основные компоненты нефти – углеводороды (до 98%) – подразделяются на 4 класса:

а) Парафины (алкены). – (до 90% от общего состава) – устойчивые вещества, молекулы которых выражены прямой и разветвленной цепью атомов углерода. Легкие парафины обладают максимальной летучестью и растворимостью в воде.

б) Циклопарафины, – (30 – 60% от общего состава) насыщенные циклические соединения с 5-6 атомами углерода в кольце. Кроме циклопентана и циклогексана в нефти встречаются бициклические и полициклические соединения этой группы. Эти соединения очень устойчивы и плохо поддаются биоразложению.

в) Аролгатические углеводороды. – (20 – 40% от общего состава) – ненасыщенные циклические соединения ряда бензола, содержащие в кольце на б атомов углерода меньше, чем цяклопарафины. В нефти присутствуют летучие соединения с молекулой в виде одинарного кольца (бензол, толуол, ксилол), затем бициклические (нафталин), полуциклические (пирен).

г) Олефины (алкены). – (до 10% от общего состава) – ненасыщенные нециклические соединения с одним или двумя атомами водорода у каждого атома углерода в молекуле, имеющей прямую или разветвленную цепь.

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязняющими веществами в Мировом океане. К началу 80-ых годов в океан ежегодно поступало около б млн. т. нефти, что составляло 0,23% мировой добычи. Наибольшие потери нефти, связаны с ее транспортировкой из районов добычи. Аварийные ситуации, слив за борт танкерами промывочных и балластных вод, – все это обуславливает присутствие постоянных полей загрязнения на трассах морских путей.

Большие массы нефти поступают в моря по рекам, с бытовыми и ливневыми стоками. Объем загрязнений из этого источника составляет 2,0 млн. т./год. Со стоками промышленности ежегодно попадает 0,5 млн. т. нефти. Попадая в морскую среду, нефть сначала растекается в виде пленки, образуя слои различной мощности. По цвету пленки можно определить ее толщину.

Нефтяная пленка изменяет состав спектра я интенсивность проникновения в воду света. Пропускание света тонкими пленками сырой нефти составляет 11-10% (280 нм), 60-70% (400нм). Пленка толщиной 30-40 мкм полностью поглощает инфракрасное излучение. Смешиваясь с водой,

нефть образует эмульсию двух типов: прямую "нефть в воде" и обратную "вода в нефти".

Прямые эмульсии, составленные капельками нефти диаметром до 0,5 мкм, менее устойчивы и характерны для нефтей, содержащих поверхностно-активные вещества. При удалении летучих фракций, нефть образует вязкие обратные эмульсии, которые могут сохраняться на поверхности, переноситься течением, выбрасываться на берег и оседать на дно.

Пестициды. Пестициды составляют группу искусственно созданных веществ, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений.

Пестициды делятся на следующие группы:

- инсектициды – для борьбы с вредными насекомыми,
- фунгициды и бактерициды – для борьбы с бактериальными болезнями растений,
- гербициды – против сорного растения.

Установлено, что пестициды уничтожая вредителей, наносят вред многим полезным организмам и подрывают здоровье биоценозов. В сельском хозяйстве давно уже стоит проблема перехода от химических (загрязняющих средств к биологическим (экологически чистым) методам борьбы с вредителями. В настоящее время более 3 млн. т. пестицидов поступает на мировой рынок. Около 1,5 млн. т. этих веществ уже вошло в состав наземных и морских экосистем золовым и водным путем.

Промышленное производство пестицидов сопровождается появлением большого количества побочных продуктов, загрязняющих сточные воды. В водной среде чаще других встречаются представители инсектицидов, фунгицидов и гербицидов.

Синтезированные инсектициды делятся на три основных группы: хлороорганические, фосфоорганические и карбонаты.

Хлороорганические инсектициды получают путем хлорирования ароматических и гетероциклических жидких углеводородов. К ним относятся ДДТ и его производные, в молекулах которых устойчивость алифатических и ароматических групп в совместном присутствии возрастает, всевозможные хлорированные производные хлоридиена (элдрин).

Эти вещества имеют период полураспада до нескольких десятков лет и очень устойчивы к биодegradации. В водной среде часто встречаются полихлорбифенилы – производные Д. ЦТ без алифатической части, насчитывающие 210 гомологов и изомеров. За последние 40 лет использовано более 1,2 млн. т. полихлорбифенилов в производстве пластмасс, красителей, трансформаторов, конденсаторов. Полихлорбифенилы (ПХБ) попадают в окружающую среду в результате сбросов промышленных сточных вод и сжигания твердых отходов на свалках.

Последний источник поставляет ПХБ в атмосферу, откуда они с атмосферными осадками выпадают во всех районах Земного шара. Так в пробах снега, взятых в Антарктиде, содержание ПХБ составило 0,03 – 1,2 кг/л.

Синтетические поверхностно-активные вещества. Дeterгенты (СПАВ) относятся к обширной группе веществ, повышающих поверхностное натяжение воды. Они входят в состав синтетических моющих средств (СМС), широко применяемых в быту и промышленности. Вместе со сточными водами СПАВ попадают в материковые воды и морскую среду.

СМС содержат полифосфаты натрия, в которых растворены детергенты, а также ряд добавочных ингредиентов, токсичных для водных организмов: ароматизирующие вещества, отбеливающие реагенты (персульфаты, пербораты), кальцинированная сода, карбоксиметилцеллюлоза, силикаты натрия.

В зависимости от природы и структуры гидрофильной части молекулы СПАВ делятся на анионоактивные, катионоактивные, амфотерные и неионогенные. Последние не образуют ионов в воде.

Наиболее распространенными среди СПАВ являются анионоактивные вещества. На их долю приходится более 50% всех производимых в мире СПАВ. Присутствие СПАВ в сточных водах промышленности связано с использованием их в таких процессах, как флотационное обогащение руд, разделение продуктов химических технологий, получение полимеров, улучшение условий бурения нефтяных и газовых скважин, борьба с коррозией оборудования. В сельском хозяйстве СПАВ применяется в составе пестицидов.

Канцерогенные вещества. Химически однородные соединения, проявляющие трансформирующую активность и способность вызывать канцерогенные, тератогенные (нарушение процессов эмбрионального развития) или мутагенные изменения в организмах. В зависимости от условий воздействия они могут – приводить к ингибированию роста, ускорению старения, нарушению индивидуального развития и изменению генофонда организмов. К веществам, обладающим канцерогенными свойствами, относятся хлорированные алифатические углеводороды, винилхлорид, и особенно, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Максимальное количество ПАУ в современных данных осадках Мирового океана (более 100 мкг/км массы сухого вещества) обнаружено в тектонически активных зонах, подверженным глубинному термическому воздействию. Основные антропогенные источники ПАУ в окружающей среде – это пиролиз органических веществ при сжигании различных материалов, древесины и топлива.

Тяжелые металлы. Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, мышьяк) относятся к числу распространенных и весьма токсичных загрязняющих веществ. Они широко применяются в различных промышленных производствах, поэтому, несмотря на очистные мероприятия, содержание соединения тяжелых металлов в промышленных сточных водах довольно высокое. Большие массы этих соединений поступают в океан через атмосферу.

Для морских биоценозов наиболее опасны ртуть, свинец и кадмий. Ртуть переносится в океан с материковым стоком и через атмосферу. При выветривании осадочных и изверженных пород ежегодно выделяется 3,5 тыс. т. ртути. В составе атмосферной пыли содержится около 12 тыс. т. ртути, причем

значительная часть – антропогенного происхождения. Около половины годового промышленного производства этого металла (910 тыс. т./год) различными путями попадает в океан.

В районах, загрязняемых промышленными водами, концентрация ртути в растворе и взвесах сильно повышается. При этом некоторые бактерии переводят хлориды в высокотоксичную метил ртуть. Заражение морепродуктов неоднократно приводило к ртутному отравлению прибрежного населения. К 1977 году насчитывалось 2800 жертв болезни Миномата, причиной которой послужили отходы предприятий по производству хлорвинила и ацетальдегида, на которых в качестве катализатора использовалась хлористая ртуть. Недостаточно очищенные сточные воды предприятий поступали в залив Минамата.

Свинец – типичный рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Наконец, свинец активно рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека.

Это выбросы с промышленными и бытовыми стоками, с дымом и пылью промышленных предприятий, с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. Миграционный поток свинца с континента в океан идет не только с речными стоками, но и через атмосферу. С континентальной пылью океан получает $(20-30) \cdot 10^3$ т. свинца в год.

Сброс отходов в море с целью захоронения. Многие страны, имеющие выход к морю, производят морское захоронение различных материалов и веществ, в частности грунта, вынутого при дноуглубительных работах, бурового шлака, отходов промышленности, строительного мусора, твердых отходов, взрывчатых и химических веществ, радиоактивных отходов. Объем захоронений составил около 10% от всей массы загрязняющих веществ, поступающих в Мировой океан.

Основанием для дампинга в море служит возможность морской среды к переработке большого количества органических и неорганических веществ без особого ущерба воды. Однако эта способность не беспредельна. Поэтому дампинг рассматривается как вынужденная мера, временная дань общества несовершенству технологии.

В шлаках промышленных производств присутствуют разнообразные органические вещества и соединения тяжелых металлов. Бытовой мусор в среднем содержит (на массу сухого вещества) 32-40% органических веществ; 0,56% азота; 0,44% фосфора; 0,155% цинка; 0,085% свинца; 0,001% ртути; 0,001% кадмия. Во время сброса прохождения материала сквозь столб воды, часть загрязняющих веществ переходит в раствор, изменяя качество воды, другая сорбируется частицами взвеси и переходит в донные отложения. Одновременно повышается мутность воды.

Наличие органических веществ чисто приводит к быстрому расходованию кислорода в воде и не редко к его полному исчезновению, растворению взвесей, накоплению металлов в растворенной форме, появлению

сероводорода. Присутствие большого количества органических веществ создает в грунтах устойчивую восстановительную среду, в которой возникает особый тип иловых вод – содержащих сероводород, аммиак, ионы металлов. Воздействию сбрасываемых материалов в разной степени подвергаются организмы бентоса.

В случае образования поверхностных пленок, содержащих нефтяные углеводороды и СПАВ, нарушается газообмен на границе воздух – вода. Загрязняющие вещества, поступающие в раствор, могут аккумулироваться в тканях и органах гидробионтов и оказывать токсическое воздействие на них.

Сброс материалов дампинга на дно и длительная повышенная мутность приданной воды приводит к гибели от удушья малоподвижные формы бентоса. У выживших рыб, моллюсков и ракообразных сокращается скорость роста за счет ухудшения условий питания и дыхания. Нередко изменяется видовой состав данного сообщества.

При организации системы контроля за сбросами отходов в море решающее значение имеет определение районов дампинга, определение динамики загрязнения морской воды и донных отложений. Для выявления возможных объемов сброса в море необходимо проводить расчеты всех загрязняющих веществ в составе материального сброса.

Тепловое загрязнение. Тепловое загрязнение поверхности водоемов и прибрежных морских акваторий возникает в результате сброса нагретых сточных вод электростанциями и некоторыми промышленными производствами. Сброс нагретых вод во многих случаях обуславливает повышение температуры воды в водоемах на 6-8 градусов Цельсия.

Площадь пятен нагретых вод в прибрежных районах может достигать 30 кв. км. Более устойчивая температурная стратификация препятствует водообмену поверхностным и донным слоем. – Растворимость кислорода уменьшается, а потребление его возрастает, поскольку с ростом температуры усиливается активность аэробных бактерий, разлагающих органическое вещество. Усиливается видовое разнообразие фитопланктона и всей флоры водорослей.

На основании обобщения материала можно сделать вывод, что эффекты антропогенного воздействия на водную среду проявляются на индивидуальном и популяционно-биоценотическом уровнях, и длительное действие загрязняющих веществ приводит к упрощению экосистемы.

3.3.1. Биологическое и бактериологическое загрязнение вод

Биологическое загрязнение водоемов заключается в поступлении в них со стоковыми водами разных микроорганизмов (бактерий, вирусов), спор грибков, яиц червяков, и так далее, много из которых являются болезнетворными для людей, животных и растений. Среди биологических загрязнителей первое место занимают коммунально-бытовые стоки (особенно, если они неочищены или очищенные недостаточно), а также стоки предприятий сахарных заводов,

мясокомбинатов, заводов, которые обрабатывают кожу, деревообрабатывающих комбинатов.

Биологическое загрязнение - стоки, содержащие фекалии, мочу, пищевые отходы, стоки боен, пивоваренных, молочных и сахарных заводов, сыроварен, отходы целлюлозно-бумажной промышленности, кожевенных производств и др. Такие воды являются бактериологически зараженными и могут вызывать дизентерию, кишечные инфекции, тиф и другие инфекционные заболевания. К патогенам относятся: бактерии, вирусы, простейшие организмы, грибковые образования, черви и др.

Биологическое загрязнение воды отличается от химического и физического загрязнения следующим образом:

- патогены имеют дискретный характер;
 - патогены собираются в сгустки и оседают на твердых частицах, то есть не имеют средней концентрации в воде;
 - вероятность риска заражения зависит от его биологической опасности, а также от возраста, веса, пола и иммунитета потребителя воды, т.е. наибольшую опасность патогены представляют для маленьких детей и престарелых людей;
 - патогены размножаются в организме хозяина не только после потребления воды, но и в пищевых продуктах и напитках;
- патогены не накапливаются в организме

Биологическое загрязнение подземных вод вызывается микроорганизмами, поступающими при инфильтрации фекальных и коммунально-бытовых сточных вод из выгребных ям, канализационной сети, скотных дворов, полей фильтрации, а также при использовании береговыми водозаборами загрязненных речных вод. Из мелководных водохранилищ и прудов-охладителей с теплой водой могут проникать сине-зеленые водоросли и другая микрофлора по водоносному горизонту в водозаборные скважины, находящиеся на расстоянии десятков метров и более от берега. Эти микроорганизмы вызывают обрастания трубопроводов, резервуаров и ухудшают качество воды.

Органические и биологические загрязнения воды, как правило, не ионизованы, поэтому ионный обмен имеет весьма ограниченное применение при их анализе.

Биологическому загрязнению подвержены преимущественно грунтовые воды, как наиболее близко залегающие к поверхности и не имеющие водоупорной кровли.

Категории биологических загрязнений сточных вод и их значение для оценки эпидемиологической опасности сточных вод. Передача некоторых инфекций водным путем приобретает особую актуальность вследствие всевозрастающей роли водоемов в жизни людей. Увеличение микробиологического загрязнения водоемов связано с поступлением большого количества сточных вод, возрастанием водопользования, использованием их для купания и проведения спортивных мероприятий. Ряд бактериальных инфекций (брюшной тиф, дизентерия, холера, туляремия) имеют водный путь

передачи. Для вирусных инфекций (полиомиелита) тоже доказана возможность передачи через водную среду.

Под влиянием биологических загрязнений происходит коррозия, выражающаяся в образовании отдельных питтингов и отслоений от стенок авиационных топливных баков сплава алюминия или чистого алюминия, из которых их изготавливают.

Оценка опасности биологического загрязнения подземных вод и водозаборов имеет большое значение не только для обоснования размеров зон санитарной охраны, но и для выбора метода складирования отходов и участков размещения животноводческих ферм, свалок, полей фильтрации, полей орошения сточными водами, при выяснении безопасных расстояний от источников бактериального загрязнения до водозаборов, при искусственном пополнении запасов подземных вод поверхностными и сточными водами.

Наиболее распространено химическое и биологическое загрязнения, в меньшей степени радиоактивное, механическое и тепловое.

Особо опасным считается биологическое загрязнение среды возбудителями инфекционных и паразитарных болезней человека и животных, а также вредителями и конкурентами сельскохозяйственных растений.

Что же касается биологического загрязнения, то его источниками чаще всего являются застоявшаяся вода, материалы, пропитанные водой, выхлопы и тому подобное, а также недостаточное или плохое обслуживание оборудования, отвечающего за влажность и охлаждение воздуха.

Мерой борьбы с биологическим загрязнением может служить хлорирование воды, поступающей в систему водоводов и конденсаторы. Хлор вводится в виде жидкости, газа или хлорной извести

В напорные водоносные горизонты биологические загрязнения попадают при непосредственном сбросе сточных вод через поглощающие-скважины или при поступлении загрязненных грунтовых и сточных вод через корродированные трубы и затрубное пространство действующих или заброшенных водозаборных и разведочных скважин.

Наиболее опасные последствия вызывает биологическое загрязнение подземных вод аллохтонными микроорганизмами, вызываемое болезнетворными бактериями, кишечными вирусами, яйцами гельминтов, появление которых связано с жизнедеятельностью человека и животных. Патогенные микроорганизмы поступают в подземные воды при фильтрации фекальных и хозяйственно-бытовых сточных вод из индивидуальных систем канализации (выгребные ямы, септики), из дефектных колодцев и сетей централизованной канализации, с участков размещения животноводческих ферм и комплексов, складирования навоза, орошения неочищенными хозяйственно-бытовыми сточными водами, с ливневыми стоками с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий.

Охрана водных ресурсов заключается в запрещении сброса в водоемы и водотоки неочищенных вод, создании водоохраных зон, содействию

процессам самоочищения в водных объектах, сохранении и улучшении условий формирования поверхностного и подземного стока на водосборах.

Несколько десятилетий назад реки благодаря самоочищающей функции справлялись с очищением вод. Теперь же в наиболее обжитых районах страны в результате строительства новых городов и промышленных предприятий створы водопользования расположены столь плотно, что нередко места сброса сточных вод и водозаборы находятся практически рядом, поэтому разработке и внедрению эффективных методов очистки и доочистки сточных вод, очистки и обезвреживания водопроводной воды уделяется все больше внимания. На некоторых предприятиях операции, связанные с водным хозяйством, играют все большую роль. Особенно высоки затраты на водоснабжение, очистку и отведение стоков в целлюлозно-бумажной, горнодобывающей и нефтехимической промышленности. Последовательная очистка сточных вод на современных предприятиях предполагает проведение первичной, механической очистки (удаляются легко осаждающиеся и всплывающие вещества) и вторичной, биологической (удаляются биологически разрушающиеся органические вещества). При этом осуществляются коагуляция - для осаждения взвешенных и коллоидных веществ, а также фосфора, адсорбция - с целью удаления растворенных органических веществ и электролиз - для снижения содержания растворенных веществ органического и минерального происхождения. Обеззараживание сточных вод проводится посредством их хлорирования и озонирования. Важный элемент технологического процесса очистки - удаление и обеззараживание образующегося осадка. В некоторых случаях заключительной операцией является дистилляция воды.

Наиболее совершенные современные очистные сооружения обеспечивают освобождение сточных вод от органических загрязнений только на 85-90% и лишь в отдельных случаях - на 95%. Поэтому и после очистки необходимо 6-12-кратное, а часто и большее разбавление их чистой водой для сохранения нормальной жизнедеятельности водных экосистем. Дело в том, что естественная самоочищающаяся способность водоемов и водотоков очень незначительна. Если же в водоемы и водотоки сточные воды поступают в большом объеме, а тем более и неочищенными, постепенно теряется устойчивое природное равновесие водных экосистем, нарушается их нормальное функционирование.

В последнее время разрабатываются и внедряются все более эффективные методы очистки и доочистки сточных вод после их биологической очистки с применением новейших способов обработки стоков: радиационных, электрохимических, сорбционных, магнитных и др. совершенствование технологии очистки сточных вод, дальнейшее повышение степени очистки - важнейшие задачи в области охраны вод от загрязнения.

Значительно шире следует применять доочистку очищенных сточных вод на земледельческих полях орошения (ЗПО). При доочистке сточных вод на ЗПО не затрачиваются средства на их индустриальную доочистку, создается возможность получать дополнительную сельскохозяйственную продукцию,

значительно экономится вода, так как уменьшается забор свежей воды для орошения и отпадает необходимость в расходовании воды для разбавления сточных вод. При использовании на ЗПО городских сточных вод содержащиеся в них питательные вещества и микроэлементы усваиваются растениями быстрее и полнее, чем искусственные минеральные удобрения.

К числу важных задач относится также предотвращение загрязнения водоемов пестицидами и ядохимикатами. Для этого требуется ускорить проведение противоэрозионных мероприятий, создать пестициды, которые разлагались бы в течение 1-3 недель без сохранения ядовитых остатков в культуре. До решения же этих вопросов необходимо ограничить сельскохозяйственное использование прибрежных зон вдоль водотоков или не применять в них пестициды. Большее внимание требует и создание водоохраных зон.

В защите водных источников от загрязнения важное значение имеет введение платы за сброс сточных вод, создание комплексных районных схем водопотребления, водоотведения и очистки сточных вод, автоматизация контроля за качеством воды в водоисточниках и разработка методов управления качеством. Следует отметить, что комплексные районные схемы позволяют перейти к повторному и многократному использованию воды, эксплуатации общих для района очистных сооружений, а также автоматизировать процессы управления работой водопровода и канализации.

В предотвращении загрязнения природных вод велика роль охраны гидросферы, поскольку приобретенные гидросферой отрицательные свойства не только видоизменяют водную экосистему и угнетающе действуют на ее гидробиологические ресурсы, но и разрушают экосистемы суши, ее биологические системы, а также литосферу. Необходимо подчеркнуть, что одной из радикальных мер борьбы с загрязнением служит преодоление укоренившейся традиции рассматривать водные объекты в качестве приемников сточных вод. Там, где это возможно, следует исключить в одних и тех же водотоках, и водоемах либо забор воды, либо сброс сточных вод.

Для ликвидации бактериального загрязнения применяется обеззараживание, или дезинфекция, сточных вод. Сущность механического метода заключается в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. В зависимости от размеров грубодисперсные частицы улавливаются решетками и ситами различных конструкций, а поверхностные загрязнения — нефтеловушками, маслоуловителями, смолоуловителями и т. д. Механической очисткой можно достигнуть выделения из бытовых сточных вод до 60% нерастворимых примесей, а из производственных — до 95%.

Физико-химическая очистка состоит в добавлении к сточным водам химических реагентов, вступающих в реакцию с загрязняющими веществами и способствующих выпадению нерастворимых и частично растворимых веществ. В качестве адсорбентов применяют естественные и искусственные материалы. Естественные — это глины, торф, а искусственные — активированные угли. Из физико-химических методов широко применяется очистка воды от

загрязнителей. Хлор — наиболее эффективное средство для обеззараживания воды. Он убивает микроорганизмы и вступает в реакцию с аммиаком. Оставшийся в избытке хлор растворяется в воде, защищая тем самым воду от любого нового источника загрязнения. Физико-химический метод очистки дает возможность уменьшить количество нерастворенных загрязняющих веществ сточных вод до 95% и растворенных до 25%.

Загрязненные сточные воды очищают также электролитическим методом (пропусканием электрического тока через загрязненные воды), с помощью ультразвука, озона, ионообменных смол и высокого давления. Механический и физико-химический методы являются первыми этапами очистки сточных вод, после чего они направляются на биологическую очистку.

Метод биологической очистки заключается в минерализации органических загрязнений сточных вод при помощи аэробных биохимических процессов. После биологической очистки вода становится прозрачной, не гнивающей, содержащей растворенный кислород и нитраты. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, аэротенки и биологические пруды. В биофильтрах сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой. Эта пленка является действующим началом в биофильтрах. Благодаря ей интенсивно протекают процессы биохимического окисления.

Аэротенки — это железобетонные резервуары, обычно больших размеров, через которые медленно протекают подвергающиеся аэрации сточные воды, смешанные с активным илом. Очищающее начало аэротенков — активный ил из бактерий и микроскопических животных. Источниками питания и бурного развития организмов активного ила служат загрязнения сточных вод органическими веществами и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Ил с хлопьями быстро оседает, отделяясь от очищенной воды. Мельчайшие животные (инфузории, жгутиковые, амёбы, коллатриды и др.), пожирая бактерии, не слипающиеся в хлопья, омолаживают бактериальную массу ила. Следует отметить, что уже через несколько минут после контакта ила со сточной водой обычно концентрация в ней органических веществ снижается более чем наполовину. В целом содержание органического вещества в стоках в результате прохождения через аэротенки сокращается на 90%. В естественных условиях для биологической доочистки сточных вод используют биологические пруды и поля орошения или поля фильтрации. Биологические пруды — это неглубокие земляные резервуары, обычно 0,5—1 м, в которых происходят те же процессы, что и при самоочищении водоемов. Они работают при температуре не менее 6°C. Обычно их устраивают в виде 4—5 серий на местности, имеющей уклон. Располагают ступенями так, что вода из верхнего пруда самотеком направляется в нижерасположенный. Поля фильтрации предназначены только для биологической доочистки (очистки) сточных вод. На полях орошения одновременно с очисткой вод производится выращивание кормовых сельскохозяйственных культур или трав.

ГЛАВА 4. ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ БИОСФЕРУ

4.1.1. Общее понятие - биосферы

В буквальном переводе термин “биосфера” обозначает сферу жизни и в таком смысле он впервые был введен в науку в 1875 г. австрийским геологом и палеонтологом Эдуардом Зюссом (1831 – 1914). Однако задолго до этого под другими названиями, в частности "пространство жизни", "картина природы", "живая оболочка Земли" и т.п., его содержание рассматривалось многими другими естествоиспытателями.

Первоначально под всеми этими терминами подразумевалась только совокупность живых организмов, обитающих на нашей планете, хотя иногда и указывалась их связь с географическими, геологическими и космическими процессами, но при этом скорее обращалось внимание на зависимость живой природы от сил и веществ неорганической природы. Даже автор самого термина "биосфера" Э. Зюсс в своей книге "Лик Земли", опубликованной спустя почти тридцать лет после введения термина (1909 г.), не замечал обратного воздействия биосферы и определял ее как "совокупность организмов, ограниченную в пространстве и во времени и обитающую на поверхности Земли".

Первым из биологов, который ясно указал на огромную роль живых организмов в образовании земной коры, был Ж.Б. Ламарк (1744 – 1829). Он подчеркивал, что все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов.

Факты и положения о биосфере накапливались постепенно в связи с развитием ботаники, почвоведения, географии растений и других преимущественно биологических наук, а также геологических дисциплин. Те элементы знания, которые стали необходимыми для понимания биосферы в целом, оказались связанными с возникновением экологии, науки, которая изучает взаимоотношения организмов и окружающей среды. Биосфера является определенной природной системой, а ее существование в первую очередь выражается в круговороте энергии и веществ при участии живых организмов.

Очень важным для понимания биосферы было установление немецким физиологом Пфедером (1845 – 1920) трех способов питания живых организмов:

- * автотрофное – построение организма за счет использования веществ неорганической природы;

- * гетеротрофное – строение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений;

- * миксотрофное – смешанный тип построения организма (автотрофно-гетеротрофный).

Биосфера (в современном понимании) – своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты,

которая находится в непрерывном обмене с этими организмами. Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы.

- Атмосфера – наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством; через атмосферу осуществляется обмен вещества и энергии с космосом.

Атмосфера имеет несколько слоев:

- * тропосфера – нижний слой, примыкающий к поверхности Земли (высота 9–17 км). В нем сосредоточено около 80% газового состава атмосферы и весь водяной пар;

- * стратосфера;

- * ноносфера – там “живое вещество” отсутствует. Преобладающие элементы химического состава атмосферы: N₂ (78%), O₂ (21%), CO₂ (0,03%).

- Гидросфера – водная оболочка Земли. В следствие высокой подвижности вода проникает повсеместно в различные природные образования, даже наиболее чистые атмосферные воды содержат от 10 до 50 мг/л растворимых веществ. Преобладающие элементы химического состава гидросферы: Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, S, C. Концентрация того или иного элемента в воде еще ничего не говорит о том, насколько он важен для растительных и животных организмов, обитающих в ней. В этом отношении ведущая роль принадлежит N, P, Si, которые усваиваются живыми организмами. Главной особенностью океанической воды является то, что основные ионы характеризуются постоянным соотношением во всем объеме мирового океана.

- Литосфера – внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. В настоящее время земной корой принято считать верхний слой твердого тела планеты, расположенный выше сейсмической границы Мохоровичича. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы служат минералы, органические вещества, живые организмы, вода, газы. Преобладающие элементы химического состава литосферы: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K.

Ведущую роль выполняет кислород, на долю которого приходится половина массы земной коры и 92% ее объема, однако кислород прочно связан с другими элементами в главных породообразующих минералах. Т.о. в количественном отношении земная кора – это “царство” кислорода, химически связанного в ходе геологического развития земной коры.

Постепенно идея о тесной взаимосвязи между живой и неживой природой, об обратном воздействии живых организмов и их систем на окружающие их физические, химические и геологические факторы все настойчивее проникала в сознание ученых и находила реализацию в их конкретных исследованиях. Этому способствовали и перемены, произошедшие

в общем подходе естествоиспытателей к изучению природы. Они все больше убеждались в том, что обособленное исследование явлений и процессов природы с позиций отдельных научных дисциплин оказывается неадекватным. Поэтому на рубеже XIX – XX вв. в науку все шире проникают идеи холистического, или целостного, подхода к изучению природы, которые в наше время сформировались в системный метод ее изучения.

Результаты такого подхода незамедлительно сказались при исследовании общих проблем воздействия биотических, или живых, факторов на абиотические, или физические, условия. Так, оказалось, например, что состав морской воды во многом определяется активностью морских организмов. Растения, живущие на песчаной почве, значительно изменяют ее структуру. Живые организмы контролируют даже состав нашей атмосферы. Число подобных примеров легко увеличить, и все они свидетельствуют о наличии обратной связи между живой и неживой природой, в результате которой живое вещество в значительной мере меняет лик нашей Земли. Таким образом, биосферу нельзя рассматривать в отрыве от неживой природы, от которой она, с одной стороны зависит, а с другой – сама воздействует на нее. Поэтому перед естествоиспытателями возникает задача – конкретно исследовать, каким образом и в какой мере живое вещество влияет на физико-химические и геологические процессы, происходящие на поверхности Земли и в земной коре. Только подобный подход может дать ясное и глубокое представление о концепции биосферы. Такую задачу как раз и поставил перед собой выдающийся российский ученый Владимир Иванович Вернадский (1863 – 1945).

4.1.2. В.И. Вернадский о биосфере живой организм

Центральным в этой концепции является понятие о живом веществе, которое В.И.Вернадский определяет, как совокупность живых организмов. Кроме растений и животных, В.И.Вернадский включает сюда и человечество, влияние которого на геохимические процессы отличается от воздействия остальных живых существ, во-первых, своей интенсивностью, увеличивающейся с ходом геологического времени; во-вторых, тем воздействием, какое деятельность людей оказывает на остальное живое вещество.

Это воздействие сказывается, прежде всего, в создании многочисленных новых видов культурных растений и домашних животных. Такие виды не существовали раньше и без помощи человека либо погибают, либо превращаются в дикие породы. Поэтому Вернадский рассматривает геохимическую работу живого вещества в неразрывной связи животного, растительного царства и культурного человечества как работу единого целого.

По мнению В.И.Вернадского, в прошлом не придавали значения двум важным факторам, которые характеризуют живые тела и продукты их жизнедеятельности:

открытию Пастера о преобладании оптически активных соединений, связанных с дисимметричностью пространственной структуры молекул, как отличительной особенностью живых тел;

явно недооценивался вклад живых организмов в энергетику биосферы и их влияние на неживые тела. Ведь в состав биосферы входит не только живое вещество, но и разнообразные неживые тела, которые В.И.Вернадский называет косными (атмосфера, горные породы, минералы и т. д.), а также и биокосные тела, образованные из разнородных живых и косных тел (почвы, поверхностные воды и т. п.). Хотя живое вещество по объему и весу составляет незначительную часть биосферы, но оно играет основную роль в геологических процессах, связанных с изменением облика нашей планеты.

Поскольку живое вещество является определяющим компонентом биосферы, постольку можно утверждать, что оно может существовать и развиваться только в рамках целостной системы биосферы. Не случайно поэтому В.И.Вернадский считает, что живые организмы являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, ее определяющей.

Исходной основой существования биосферы и происходящих в ней биогеохимических процессов является астрономическое положение нашей планеты и в первую очередь ее расстояние от Солнца и наклон земной оси к эклиптике, или к плоскости земной орбиты. Это пространственное расположение Земли определяет в основном климат на планете, а последний в свою очередь – жизненные циклы всех существующих на ней организмов. Солнце является основным источником энергии биосферы и регулятором всех геологических, химических и биологических процессов на нашей планете. Эту ее роль образно выразил один из авторов закона сохранения и превращения энергии Юлиус Майер (1814 – 1878), отметивший, что жизнь есть создание солнечного луча.

Решающее отличие живого вещества от косного заключается в следующем:

изменения и процессы в живом веществе происходят значительно быстрее, чем в косных телах. Поэтому для характеристики изменений в живом веществе используется понятие исторического, а в косных телах – геологического времени. Для сравнения отмету, что секунда геологического времени соответствует примерно ста тысячам лет исторического;

в ходе геологического времени возрастают мощь живого вещества и его воздействие на косное вещество биосферы. Это воздействие, указывает В.И. Вернадский, проявляется прежде всего "в непрерывном биогенном токе атомов из живого вещества в косное вещество биосферы и обратно";

только в живом веществе происходят качественные изменения организмов в ходе геологического времени. Процесс и механизмы этих изменений впервые нашли объяснение в теории происхождения видов путем естественного отбора Ч.Дарвина (1859 г.);

живые организмы изменяются в зависимости от изменения окружающей среды, адаптируются к ней и, согласно теории Дарвина, именно постепенное накопление таких изменений служит источником эволюции.

В.И.Вернадский высказывает предположение, что живое вещество, возможно, имеет и свой процесс эволюции, проявляющийся в изменении с ходом геологического времени, вне зависимости от изменения среды.

Для подтверждения своей мысли он ссылается на непрерывный рост центральной нервной системы животных и ее значение в биосфере, а также на особую организованность самой биосферы. По его мнению, в упрощенной модели эту организованность можно выразить так, что ни одна из точек биосферы "не попадает в то же место, в ту же точку биосферы, в какой когда-нибудь была раньше". В современных терминах это явление можно описать как необратимость изменений, которые присущи любому процессу эволюции и развития.

Непрерывный процесс эволюции, сопровождающийся появлением новых видов организмов, оказывает воздействие на всю биосферу в целом, в том числе и на природные биокосные тела, например, почвы, наземные и подземные воды и т. д. Это подтверждается тем, что почвы и реки девона совсем другие, чем третичной и, тем более нашей эпохи. Таким образом, эволюция видов постепенно распространяется и переходит на всю биосферу.

Поскольку эволюция и возникновение новых видов предполагают существование своего начала, постольку закономерно возникает вопрос: а есть ли такое начало у жизни? Если есть, то, где его искать – на Земле или в Космосе? Может ли возникнуть живое из неживого?

Над этими вопросами на протяжении столетий задумывались многие религиозные деятели, представители искусства, философы и ученые. В.И.Вернадский подробно рассматривает наиболее интересные точки зрения, которые выдвигались выдающимися мыслителями разных эпох, и приходит к выводу, что никакого убедительного ответа на эти вопросы пока не существует. Сам он как ученый вначале придерживался эмпирического подхода к решению указанных вопросов, когда утверждал, что многочисленные попытки обнаружить в древних геологических слоях Земли следы присутствия каких-либо переходных форм жизни не увенчались успехом. Во всяком случае некоторые останки жизни были обнаружены даже в докембрийских слоях, насчитывающих 600 миллионов лет. Эти отрицательные результаты, по мнению В.И.Вернадского, дают возможность высказать предположение, что жизнь как материя и энергия существует во Вселенной вечно и поэтому не имеет своего начала. Но такое предположение есть не больше, чем эмпирическое обобщение, основанное на том, что следы живого вещества до сих пор не обнаружены в земных слоях. Чтобы стать научной гипотезой, оно должно быть согласовано с другими результатами научного познания, в том числе и с более широкими концепциями естествознания и философии. Во всяком случае нельзя не считаться со взглядами тех натуралистов и философов, которые защищали тезис о возникновении живой материи из неживой, а в

настоящее время даже выдвигают достаточно обоснованные гипотезы и модели происхождения жизни.

Предположения относительно абиогенного, или неорганического, происхождения жизни делались неоднократно еще в античную эпоху, например, Аристотелем, который допускал возможность возникновения мелких организмов из неорганического вещества. С возникновением экспериментального естествознания и появлением таких наук, как геология, палеонтология и биология, такая точка зрения подверглась критике как не обоснованная эмпирическими фактами. Еще во второй половине XVII в. широкое распространение получил принцип, провозглашенный известным флорентийским врачом и натуралистом Ф.Реди, что все живое возникает из живого. Утверждению этого принципа содействовали исследования знаменитого английского физиолога Уильяма Гарвея (1578 – 1657), который считал, что всякое животное происходит из яйца, хотя он и допускал возможность возникновения жизни абиогенным путем.

В дальнейшем, по мере проникновения физико-химических методов в биологические исследования снова и все настойчивее стали выдвигаться гипотезы об абиогенном происхождении жизни. Выше мы уже говорили о химической эволюции как предпосылке возникновения предбиотической, или предбиологической, стадии возникновения жизни. С указанными результатами не мог не считаться В.И. Вернадский, и поэтому его взгляды по этим вопросам не оставались неизменными, но, опираясь на почву точно установленных фактов, он не допускал ни божественного вмешательства, ни земного происхождения жизни. Он перенес возникновение жизни за пределы Земли, а также допускал возможность ее появления в биосфере при определенных условиях. Он писал: “Принцип Реди... не указывает на невозможность абиогенеза вне биосферы или при установлении наличия в биосфере (теперь или раньше) физико-химических явлений, не принятых при научном определении этой формы организованности земной оболочки.”

Несмотря на некоторые противоречия, учение Вернадского о биосфере представляет собой новый крупный шаг в понимании не только живой природы, но и ее неразрывной связи с исторической деятельностью человечества.

4.2. Виды загрязнений биосферы

Различают два основных вида загрязнений: *природное и антропогенное* загрязнения. Природное загрязнение возникает в результате естественных причин - извержения вулканов, землетрясений, катастрофических наводнений и пожаров. Антропогенное загрязнение - результат деятельности человека.

Рассмотрим некоторые черты современного состояния биосферы и процессы, происходящие в ней. Глобальные процессы образования и движения живого вещества в биосфере связаны и сопровождаются круговоротом огромных масс вещества и энергии. В отличие от чисто геологических

процессов биогеохимические циклы с участием живого вещества имеют значительно более высокие интенсивность, скорость и количество вовлеченного в оборот вещества.

Как уже говорилось, с появлением и развитием человечества процесс эволюции заметно видоизменился. На ранних стадиях цивилизации вырубка и выжигание лесов для земледелия, выпас скота, промысел и охота на диких животных, войны опустошали целые регионы, приводили к разрушению растительных сообществ, истреблению отдельных видов животных. По мере развития цивилизации, особенно бурного после промышленной революции конца средних веков, человечество овладевало все большей мощностью, все большей способностью вовлекать и использовать для удовлетворения своих растущих потребностей огромные массы вещества - как органического, живого, так и минерального, косного.

Рост населения и расширяющееся развитие сельского хозяйства, промышленности, строительства, транспорта вызвали массовое уничтожение лесов в Европе, Северной Америке. Выпас скота в больших масштабах приводил к гибели лесов и травяного покрова, к эрозии (разрушению) почвенного слоя (Средняя Азия, Северная Африка, юг Европы и США). Истреблены десятки видов животных в Европе, Америке, Африке.

Ученые предполагают, что истощение почв на территории древнего центральноамериканского государства майя в результате подсечно-огневого земледелия явилось одной из причин гибели этой высокоразвитой цивилизации. Аналогично в Древней Греции исчезли обширные леса в результате вырубки и неумеренного выпаса скота. Это усилило эрозию почвы и привело к уничтожению почвенного покрова на многих горных склонах, повысило засушливость климата и ухудшило условия ведения сельского хозяйства.

Строительство и эксплуатация промышленных предприятий, добыча полезных ископаемых привели к серьезным нарушениям природных ландшафтов, загрязнению почвы, воды, воздуха различными отходами.

Настоящие сдвиги в биосферных процессах начались в XX в. в результате очередной промышленной революции. Бурное развитие энергетики, машиностроения, химии, транспорта привело к тому, что человеческая деятельность стала сравнима по масштабам с естественными энергетическими и материальными процессами, происходящими в биосфере. Интенсивность потребления человечеством энергии и материальных ресурсов растет пропорционально численности населения и даже опережает его прирост.

Предупреждая о возможных последствиях расширяющегося вторжения человека в природу, еще полвека назад академик В. И. Вернадский писал: "Человек становится геологической силой, способной изменить лик Земли". Это предупреждение пророчески оправдалось. Последствия антропогенной (производимой человеком) деятельности проявляются в истощении природных ресурсов, загрязнении биосферы отходами производства, разрушении природных экосистем, изменении структуры поверхности Земли, изменении

климата. Антропогенные воздействия приводят к нарушению практически всех природных биогеохимических циклов.

В результате сжигания различного топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается около 20 млрд т углекислого газа и поглощается соответствующее количество кислорода. Природный запас CO₂ в атмосфере составляет величину порядка 50 000 млрд т. Эта величина колеблется и зависит, в частности, от вулканической активности. Однако антропогенные выбросы углекислого газа превышают естественные и составляют в настоящее время большую долю его общего количества. Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере, сопровождающееся ростом количества аэрозоля (мелких частиц пыли, сажи, взвесей растворов некоторых химических соединений), может привести к заметным изменениям климата и соответственно к нарушению складывавшихся в течение миллионов лет равновесных связей в биосфере.

Итогом нарушения прозрачности атмосферы, а, следовательно, и теплового баланса может явиться возникновение **“парникового эффекта”**, то есть увеличения средней температуры атмосферы на несколько градусов. Это способно вызвать таяние ледников полярных областей, повышение уровня Мирового океана, изменение его солености, температуры, глобальные нарушения климата, затопление прибрежных низменностей и многие другие неблагоприятные последствия.

Выброс в атмосферу промышленных газов, включающих такие соединения, как окись углерода CO (угарный газ), окислы азота, серы, аммиака и других загрязнителей, приводит к угнетению жизнедеятельности растений и животных, нарушениям обменных процессов, к отравлению и гибели живых организмов.

Загрязнение природной среды. Появление в природной среде новых компонентов, вызванное деятельностью человека или какими-либо грандиозными природными явлениями (например, вулканической деятельностью), характеризуют термином **загрязненность**. В общем виде загрязненность — это наличие в окружающей среде вредных веществ, нарушающих функционирование экологических систем или их отдельных элементов и снижающих качество среды с точки зрения проживания человека или ведения им хозяйственной деятельности. Этим термином характеризуются все тела, вещества, явления, процессы, которые в данном месте, но не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, появляются в окружающей среде и могут выводить ее системы из состояния равновесия.

Экологическое действие загрязняющих агентов может проявляться по-разному; оно может затрагивать либо отдельные организмы (проявляться на организменном уровне, либо популяции, биоценозы, экосистемы и даже биосферу в целом.

На организменном уровне может происходить нарушение отдельных физиологических функций организмов, изменение их поведения, снижение

темпов роста и развития, снижение устойчивости к воздействиям иных неблагоприятных факторов внешней среды.

На уровне популяций загрязнение может вызывать изменение их численности и биомассы, рождаемости, смертности, изменения структуры, годовых циклов миграций и ряда других функциональных свойств.

На биоценотическом уровне загрязнение сказывается на структуре и функциях сообществ. Одни и те же загрязняющие вещества по-разному влияют на разные компоненты сообществ. Соответственно меняются количественные соотношения в биоценозе, вплоть до полного исчезновения одних форм и появления других. Изменяется пространственная структура сообществ, цепи разложения (детритные) начинают преобладать над пастбищными, отмирание - над продукцией. В конечном счете происходит деградация экосистем, ухудшение их как элементов среды человека, снижение положительной роли в формировании биосферы, обесценение в хозяйственном отношении.

Загрязняющие вещества, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека, и их влияние на среду очень разнообразны. К ним относятся: соединения углерода, серы, азота, тяжелые металлы, различные органические вещества, искусственно созданные материалы, радиоактивные элементы и многое другое.

Так, по оценкам экспертов, в океан ежегодно попадает около 10 млн т нефти. Нефть на воде образует тонкую пленку, препятствующую газообмену между водой и воздухом. Оседая на дно, нефть попадает в донные отложения, где нарушает естественные процессы жизнедеятельности донных животных и микроорганизмов. Кроме нефти, значительно возрос выброс в океан бытовых и промышленных сточных вод, содержащих, в частности, такие опасные загрязнители, как свинец, ртуть, мышьяк, обладающие сильным токсическим действием. Фоновые концентрации таких веществ во многих местах уже превышены в десятки раз.

Каждый загрязнитель оказывает определенное отрицательное воздействие на природу, поэтому их поступление в окружающую среду должно строго контролироваться. Законодательство устанавливает для каждого загрязняющего вещества предельно допустимый сброс (ПДС) и предельно допустимую концентрацию (ПДК) его в природной среде.

Предельно допустимый сброс (ПДС) — это масса загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельными источниками за единицу времени, превышение которой приводит к неблагоприятным последствиям в окружающей среде или опасно для здоровья человека. **Предельно допустимая концентрация (ПДК)** понимается как количество вредного вещества в окружающей среде, которое не оказывает отрицательного воздействия на здоровье человека или его потомство при постоянном или временном контакте с ним. В настоящее время при определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и воздействие их на животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природное сообщество в целом.

Специальные службы **мониторинга** (наблюдения) окружающей среды осуществляют контроль за соблюдением установленных нормативов ПДС и ПДК вредных веществ. Такие службы созданы во всех районах страны. Особенно важна их роль в крупных городах, вблизи химических производств, атомных электростанций и других промышленных объектов. Службы мониторинга имеют право применять предусмотренные законом меры, вплоть до приостановки производства и любых работ, если нарушаются **нормы** охраны окружающей среды.

Кроме загрязнения среды, антропогенное воздействие выражается в истощении природных ресурсов биосферы. Огромные масштабы использования природных ресурсов привели к значительному изменению ландшафтов в некоторых регионах (например, в угольных бассейнах). Если на заре цивилизации человек использовал для своих нужд всего около 20 химических элементов, в начале XX втекало 60, то сейчас более 100 - почти всю таблицу Менделеева. Ежегодно добывается (извлекается из геосферы) около 100 млрд т руды, топлива, минеральных удобрений.

Быстрый рост потребностей в топливе, металлах, минеральном сырье и их добыче привели к истощению этих ресурсов. Так, по оценкам специалистов, при сохранении современных темпов добычи и потребления разведанные запасы нефти будут исчерпаны уже через 30 лет, газа - через 50 лет, угля - через 200. Аналогичная ситуация сложилась не только с энергетическими ресурсами, но и с металлами (истощение запасов алюминия ожидается через 500-600 лет, железа - 250 лет, цинка - 25 лет, свинца - 20 лет) и минеральными ресурсами, как, например, асбест, слюда, графит, сера.

Вот далеко не полная картина экологической ситуации на нашей планете в настоящее время. Даже отдельные успехи природоохранной деятельности не могут заметным образом изменить общий ход процесса пагубного влияния цивилизации на состояние биосферы.

4.2.1. Химическое загрязнение биосферы

В основном существуют три основных источника загрязнения атмосферы: промышленность, бытовые котельные, транспорт. Доля каждого из этих источников в общем загрязнении воздуха сильно различается в зависимости от места. Сейчас общепризнанно, что наиболее сильно загрязняет воздух промышленное производство.

Источники загрязнений - теплоэлектростанции, которые вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ; металлургические предприятия, особенно цветной металлургии, которые выбрасывают в воздух окислы азота, сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка; химические и цементные заводы. Вредные газы попадают в воздух в результате сжигания топлива для нужд промышленности, отопления жилищ, работы транспорта, сжигания и переработки бытовых и промышленных отходов. Атмосферные загрязнители разделяют на первичные,

поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом превращения последних. Основным источником пирогенного загрязнения на планете являются тепловые электростанции, металлургические и химические предприятия, котельные установки, потребляющие более 70% ежегодно добываемого твердого и жидкого топлива. Основными вредными примесями пирогенного происхождения являются следующие:

а) **Оксид углерода**. Получается при неполном сгорании углеродистых веществ. В воздух он попадает в результате сжигания твердых отходов, с выхлопными газами и выбросами промышленных предприятий.

б) **Сернистый ангидрид**. Выделяется в процессе сгорания серусодержащего топлива или переработки сернистых руд

в) **Серный ангидрид**. Образуется при окислении сернистого ангидрида. Конечным продуктом реакции является аэрозоль или раствор серной кислоты в дождевой воде, который подкисляет почву, обостряет заболевания дыхательных путей человека. Пирометаллургические предприятия цветной и черной металлургии, а также ТЭС ежегодно выбрасывают в атмосферу десятки миллионов тонн серного ангидрида.

г) **Сероводород и сероуглерод**. Поступают в атмосферу отдельно или вместе в других соединениях серы. Основными источниками выброса являются предприятия по изготовлению искусственного волокна, сахара, коксохимические, нефтеперерабатывающие, а также нефтепромыслы.

д) **Окислы азота**. Основными источниками выброса являются предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения, вискозный шелк, целлулоид.

е) **Соединения фтора**. Источниками загрязнения являются предприятия по производству алюминия, эмалей, стекла, керамики, стали, фосфорных удобрений. Фторосодержащие вещества поступают в атмосферу в виде газообразных соединений - фтороводорода или пыли фторида натрия и кальция. Соединения характеризуются токсическим эффектом.

ж) **Соединения хлора**. Поступают в атмосферу от химических предприятий, производящих соляную кислоту, хлоросодержащие пестициды, органические красители, гидролизный спирт, хлорную известь, соду.

4.2.2. Аэрозольное загрязнение

Аэрозоли — это твердые или жидкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе. Твердые компоненты аэрозолей в ряде случаев особенно опасны для организмов, а у людей вызывают специфические заболевания. В атмосфере аэрозольные загрязнения воспринимаются в виде дыма, тумана, мглы или дымки. Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром. Большое количество пылевых частиц образуется также в ходе производственной деятельности людей.

Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы. Постоянными источниками аэрозольного загрязнения являются промышленные отвалы - искусственные насыпи из переотложенного материала, преимущественно вскрышных пород. Источником пыли и ядовитых газов служат массовые взрывные работы.

При некоторых погодных условиях могут образовываться особо большие скопления вредных газообразных и аэрозольных примесей в приземном слое воздуха.

Обычно это происходит в тех случаях, когда в слое воздуха непосредственно над источниками газопылевой эмиссии существует инверсия - расположения слоя более холодного воздуха под теплым, что препятствует воздушных масс и задерживает перенос примесей вверх. В результате вредные выбросы сосредотачиваются под слоем инверсии, содержание их у земли резко возрастает, что становится одной из причин образования ранее неизвестного в природе фотохимического тумана.

4.2.3. Фотохимический туман (смог)

Фотохимический туман представляет собой многокомпонентную смесь газов и аэрозольных частиц первичного и вторичного происхождения. В состав основных компонентов смога входят озон, оксиды азота и серы, многочисленные органические соединения перекисной природы, называемые в совокупности фотооксидантами. Фотохимический смог возникает в результате фотохимических реакций при определенных условиях: наличии в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводородов и других загрязнителей, интенсивной солнечной радиации и безветрия или очень слабого обмена воздуха в приземном слое при мощной и в течение не менее суток повышенной инверсии. **Смоги** - нередкое явление над Лондоном, Парижем, Лос-Анджелесом, Нью-Йорком и другими городами Европы и Америки. По своему физиологическому воздействию на организм человека они крайне опасны для дыхательной и кровеносной системы и часто бывают причиной преждевременной смерти городских жителей с ослабленным здоровьем.

Всякий водоем или водный источник связан с окружающей его внешней средой. На него оказывают влияние условия формирования поверхностного или подземного водного стока, разнообразные природные явления, индустрия, промышленное и коммунальное строительство, транспорт, хозяйственная и бытовая деятельность человека. Последствием этих влияний является привнесение в водную среду новых, несвойственных ей веществ - загрязнителей, ухудшающих качество воды. Загрязнения, поступающие в водную среду, классифицируют по-разному, в зависимости от подходов, критериев и задач. Так, обычно выделяют химическое, физическое и биологические загрязнения, как неорганической (минеральные соли, кислоты,

щелочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностноактивные вещества, пестициды).

Неорганическое загрязнение. Основными неорганическими (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются разнообразные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды. Это соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора. Большинство из них попадает в воду в результате человеческой деятельности. К опасным загрязнителям водной среды можно отнести неорганические кислоты и основания, обуславливающие широкий диапазон рН промышленных стоков (11,0 - 11,0). Среди основных источников загрязнения гидросферы минеральными веществами и биогенными элементами следует упомянуть предприятия пищевой промышленности и сельское хозяйство. Загрязнение ртутью значительно снижает первичную продукцию морских экосистем, подавляя развитие фитопланктона. Отходы, содержащие ртуть, обычно скапливаются в донных отложениях заливов или эстуариях рек. Дальнейшая ее миграция сопровождается накоплением метиловой ртути и ее включением в трофические цепи водных организмов. Так, печальную известность приобрела болезнь Минамата, впервые обнаруженную японскими учеными у людей, употреблявших в пищу рыбу, выловленную в заливе Минамата, в который бесконтрольно сбрасывали промышленные стоки с техногенной ртутью.

Органическое загрязнение. Среди вносимых в океан с суши растворимых веществ, большое значение для обитателей водной среды имеют не только минеральные, биогенные элементы, но и органические остатки. Сточные воды, содержащие суспензии органического происхождения или растворенное органическое вещество, пагубно влияют на состояние водоемов. Осаждаясь, суспензии заиливают дно и задерживают развитие или полностью прекращают жизнедеятельность данных микроорганизмов, участвующих в процессе самоочищения вод. При гниении данных осадков могут образовываться вредные соединения и отравляющие вещества, такие как сероводород, которые приводят к загрязнению всей воды в реке. Наличие суспензий затрудняют также проникновение света в глубь воды и замедляет процессы фотосинтеза. Одним из основных санитарных требований, предъявляемых к качеству воды, является содержание в ней необходимого количества кислорода. Вредное действие оказывают все загрязнения, которые так или иначе содействуют снижению содержания кислорода в воде. Поверхностно активные вещества - жиры, масла, смазочные материалы - образуют на поверхности воды пленку, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает степень насыщенности воды кислородом. Значительный объем органических веществ, большинство из которых не свойственно природным водам, сбрасывается в реки вместе с промышленными и бытовыми стоками.

Количество в мировом стоке загрязняющих веществ, млн.т./год:

1. Нефтепродукты.....26,563
2. Фенолы.....0,460

3. Отходы производств синтетических волокон..... 5,500
4. Растительные органические остатки..... 0,170
- 5. Всего..... 33,273**

В связи с быстрыми темпами урбанизации и несколько замедленным строительством очистных сооружений или их неудовлетворительной эксплуатацией водные бассейны и почва загрязняются бытовыми отходами. Бытовые отходы опасны не только тем, что являются источником некоторых болезней человека (брюшной тиф, дизентерия, холера), но и тем, что требуют для своего разложения много кислорода.

4.2.4. Приоритетные загрязнители: тяжелые металлы

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах.

Термин **тяжелые металлы**, характеризующий широкую группу загрязняющих веществ, получил в последнее время значительное распространение. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого понятия. В связи с этим количество элементов, относимых к группе тяжелых металлов, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В некоторых случаях под определение тяжелых металлов попадают элементы, относящиеся к хрупким (например, висмут) или металлоидам (например, мышьяк).

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к **тяжелым металлам** относят более 40 металлов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: **V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi** и др. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль которых на настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов. По классификации Н.Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см³. Таким образом, к тяжелым металлам относятся **Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg**.

Формально определению **тяжелые металлы** соответствует большое количество элементов. Однако, по мнению исследователей, занятых практической деятельностью, связанной с организацией наблюдений за

состоянием и загрязнением окружающей среды, соединения этих элементов далеко не равнозначны как загрязняющие вещества. Поэтому во многих работах происходит сужение рамок группы тяжелых металлов, в соответствии с критериями приоритетности, обусловленными направлением и спецификой работ. Так, в ставших уже классическими работах Ю.А. Израэля в перечне химических веществ, подлежащих определению в природных средах на фоновых станциях в биосферных заповедниках, в разделе **тяжелые металлы** поименованы **Pb, Hg, Cd, As**. С другой стороны, согласно решению Целевой группы по выбросам тяжелых металлов, работающей под эгидой Европейской Экономической Комиссии ООН и занимающейся сбором, и анализом информации о выбросах загрязняющих веществ в европейских странах, только **Zn, As, Se и Sb** были отнесены к тяжелым металлам. По определению Н. Реймерса отдельно от тяжелых металлов стоят благородные и редкие металлы, соответственно, остаются только Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. В прикладных работах к числу тяжелых металлов чаще всего добавляют Pt, Ag, W, Fe, Au, Mn.

Ионы металлов являются неизменными компонентами природных водоемов. В зависимости от условий среды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, наличие лигандов) они существуют в разных степенях окисления и входят в состав разнообразных неорганических и металлорганических соединений, которые могут быть истинно растворенными, коллоидно-дисперсными или входить в состав минеральных и органических взвесей.

Истинно растворенные формы металлов, в свою очередь, весьма разнообразны, что связано с процессами гидролиза, гидролитической полимеризации (образованием полиядерных гидроксокомплексов) и комплексообразования с различными лигандами. Соответственно, как каталитические свойства металлов, так и доступность для водных микроорганизмов зависят от форм существования их в водной экосистеме.

Многие металлы образуют довольно прочные комплексы с органикой; эти комплексы являются одной из важнейших форм миграции элементов в природных водах. Большинство органических комплексов образуются по хелатному циклу и являются устойчивыми. Комплексы, образуемые почвенными кислотами с солями железа, алюминия, титана, урана, ванадия, меди, молибдена и других тяжелых металлов, относительно хорошо растворимы в условиях нейтральной, слабокислой и слабощелочной сред. Поэтому металлорганические комплексы способны мигрировать в природных водах на весьма значительные расстояния. Особенно важно это для маломинерализованных и в первую очередь поверхностных вод, в которых образование других комплексов невозможно.

Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металла в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую

доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю свободных и связанных форм металла.

Переход металлов в водной среде в металлокомплексную форму имеет три следствия:

1. Может происходить увеличение суммарной концентрации ионов металла за счет перехода его в раствор из донных отложений;
2. Мембранная проницаемость комплексных ионов может существенно отличаться от проницаемости гидратированных ионов;
3. Токсичность металла в результате комплексообразования может сильно измениться.

Биогеохимические свойства тяжелых металлов

Свойство	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Биохимическая активность	В	В	В	В	В	В	В
Токсичность	В	У	У	В	У	В	У
Канцерогенность	—	В	—	—	В	—	—
Обогащение аэрозолей	В	Н	В	В	Н	В	В
Минеральная форма распространения	В	В	Н	В	Н	В	Н
Органическая форма распространения	В	В	В	В	В	В	В
Подвижность	В	Н	У	В	Н	В	У
Тенденция к биоконцентрированию	В	В	У	В	В	В	У
Эффективность накопления	В	У	В	В	У	В	В
Комплексообразующая способность	У	Н	В	У	Н	Н	В
Склонность к гидролизу	У	Н	В	У	У	У	В
Растворимость соединений	В	Н	В	В	Н	В	В
Время жизни	В	В	В	Н	В	Н	В

В — высокая, У — умеренная, Н — низкая

Так, хелатные формы **Cu**, **Cd**, **Hg** менее токсичны, нежели свободные ионы. Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металла в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю связанных и свободных форм. Источниками загрязнения вод тяжелыми металлами служат сточные воды гальванических цехов, предприятий горнодобывающей, черной и цветной металлургии, машиностроительных заводов. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий. Повышение концентрации тяжелых металлов в природных водах часто связано с другими видами загрязнения, например, с закислением. Выпадение кислотных осадков способствует снижению значения рН и переходу металлов из

сорбированного на минеральных и органических веществах состояния в свободное. Прежде всего представляют интерес те металлы, которые в наибольшей степени загрязняют атмосферу ввиду использования их в значительных объемах в производственной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. К ним относят свинец, ртуть, кадмий, цинк, висмут, кобальт, никель, медь, олово, сурьму, ванадий, марганец, хром, молибден и мышьяк.

4.3. Экохимические процессы в биосфере

4.3.1. Некоторые особенности биосферы

1. Биосфера – закономерный продукт эволюции планеты Земля.

2. Биосфера Земли – большая (глобальная) открытая система, у которой на входе – поток солнечного излучения, а на выходе – минералы (вещества), образовавшиеся в процессе жизнедеятельности организмов и выпавшие из биогеохимических циклов (биогеохимического круговорота). Например, уголь, торф, нефть, горючие сланцы и т.п.

Средний химический состав оболочек планеты

Оболочка планеты	Состав, мас. %
Атмосфера	O – 23,15 %, N – 75,52 %
Гидросфера	O – 88,8 %, H – 11,2 %
Литосфера	O – 50 %, Si – 26 %
Биосфера (биота)	O – 70 %, C – 18 %

Средний элементный химический состав живого вещества суши

Элемент	Содержание, % от живой массы	Элемент	Содержание, % от живой массы
O	70	Mg	$4 \cdot 10^{-2}$
C	18	Cl	$2 \cdot 10^{-2}$
H	10,5	Na	$2 \cdot 10^{-2}$
Ca	$5 \cdot 10^{-1}$	Fe	$1 \cdot 10^{-2}$
P	$7 \cdot 10^{-2}$	Mn	$1 \cdot 10^{-3}$
S	$5 \cdot 10^{-2}$	B	$1 \cdot 10^{-3}$

3. Биосферу Земли можно рассматривать как кибернетическую систему, обладающую свойством саморегулирования, что обеспечивается живыми организмами. Примером может служить практически постоянный солевой состав мирового океана, хотя реки ежегодно несут в него значительное

количество различных химических соединений, в том числе около 2,5 млн.т карбоната кальция.

4. Огромное внутренне разнообразие биосферы определяет её устойчивость, обеспечивающую блокирование (нейтрализацию) внешних и внутренних возмущений, вплоть до возмущений, носящих катастрофический характер.

5. Биосферу как особую динамическую систему отличает неравновесность, определяемая принципом Бауэра (принципом устойчивого неравновесия живых систем).

6. Биосфера – это не тонкая непрерывная “пленка” живого вещества планеты, а единая сложная организация, созданная сообществами дискретных организмов.

7. Оводненность биосферы – еще одна из её отличительных особенностей. В биосфере практически нет воды без жизни (исключение – воды вулканов и некоторые рассолы) и, что более понятно, жизни без воды.

8. Химические процессы в биосфере протекают или при непосредственном участии живых организмов, либо в среде, чьи физико-химические свойства в значительной мере определяются деятельностью различных организмов на протяжении длительного времени геологической истории Земли. Например, кислород атмосферы, являющийся продуктом фотосинтеза, обновляется при участии хлорофилла растений каждые 2 тысячи лет.

9. Биосфера способна к эволюции, к переходу в высшую стадию развития, называемую **ноосферой** – сферой разума.

4.3.2. Процессы в биосфере

Специфической чертой биосферы как особой оболочки Земли является происходящий в ней круговорот веществ, регулируемый деятельностью живых организмов. Живое вещество выполняет в биосфере следующие биогеохимические функции:

- газовую (поглощает и выделяет газы);
- окислительно-восстановительную (окисляет, например, углеводы до углекислого газа и восстанавливает его до углеводов);
- концентрационную (организмы-концентраторы накапливают в своих телах и скелетах азот, фосфор, кремний, кальций, магний и другие элементы).

Круговорот веществ – это многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере. **Геологический (большой) круговорот веществ** связан с образованием и разрушением различных форм рельефа в результате геологических процессов при участии энергии Солнца (горообразование, выветривание горных пород, подъем новых материков). Геологический круговорот протекает без участия живых организмов и охватывает обширные области за пределами биосферы.

Движущей силой **биологического (биогеохимического или малого) круговорота веществ** является деятельность живых организмов, а главным источником энергии является солнечная радиация. Он совершается в пределах биосферы, а его интенсивность определяется в первую очередь температурой окружающей среды и количеством воды (в тропиках скорость круговорота выше, чем в тундре).

Движущей силой **антропогенного круговорота веществ** является хозяйственная деятельность человека, которая приводит к истощению природных ресурсов и загрязнению природной среды, что обуславливает незамкнутость антропогенного круговорота (обмена) веществ. Из всех химических элементов наиболее важными для организмов и наиболее значимыми для биосферы являются круговороты основных элементов, входящих в состав живого вещества: углерода, кислорода, азота, фосфора и серы, поскольку они являются компонентами для построения основных молекул живого вещества - углеводов, липидов, белков и нуклеиновых кислот. Эти круговороты создаются живым веществом и одновременно поддерживают жизнедеятельность самих живых организмов. В процессе фотосинтеза за год зелеными растениями потребляется 480 млрд. т вещества, уходит в атмосферу 250 млрд. т свободного кислорода; при этом создается 240 млрд. т живого вещества, в круговорот вовлекается 1,0 млрд. т азота, 260 млн. т фосфора, 200 млн. т серы.

Основные функции живого вещества в биосфере

Функции	Краткая характеристика процессов
Энергетическая	Поглощение солнечной энергии при фотосинтезе, химической энергии в результате разложения энергонасыщенных веществ; передача энергии по пищевой цепи разнородного живого вещества.
Концентрационная	Избирательное накопление в ходе жизнедеятельности определенных видов вещества, используемых для построения тела организма и удаляемых из него при метаболизме.
Деструктивная	Минерализация био- и небоиленного органического вещества; разложение неживого неорганического вещества; вовлечение образовавшихся веществ в биологический круговорот.
Средообразующая	Преобразование физико-химических параметров среды.
	Перенос вещества против силы тяжести и в горизонтальном направлении.

За время существования биосферы свободный кислород атмосферы обновлялся не менее миллиона раз, а воды Мирового океана прошли через биогенный цикл не менее 300 раз.

Круговорот воды является одним из грандиозных процессов на поверхности земного шара. Он играет главную роль в связывании геологического и биотического круговоротов. В биосфере вода совершает большой и малый круговороты, непрерывно переходя из одного состояния в другое. Испарение воды с поверхности океана, перенос и конденсация водяного пара в атмосфере, выпадение осадков на поверхность океана или на сушу с последующим возвращением воды в океан с речным и подземным стоком образуют большой круговорот. Взаимодействуя с литосферой, атмосферой и живым веществом, круговорот воды связывает воедино все части гидросферы: океан, реки, почвенную влагу, подземные воды и атмосферную влагу.

Малый круговорот воды отличается тем, что он происходит в пределах экосистемы, представляя собой круговую циркуляцию воды между гидросферой, почвой, атмосферой, растениями, животными и микроорганизмами.

Круговорот углерода в биосфере начинается с поглощения CO_2 при фотосинтезе зелеными растениями и фотосинтезирующими водорослями, включает прохождение углерода по цепям питания в составе разнообразных органических соединений и заканчивается выделением углерода в составе CO_2 , образующегося при окислении органических веществ в процессе дыхания всех видов организмов или их разложения после гибели. Часть углерода может выводиться из круговорота и при последующем захоронении детрита накапливаться в литосфере в виде торфа, угля, горных сланцев, рассеянной органики или осадочных горных пород. Теперь человечество в огромных количествах добывает ископаемое топливо для обеспечения потребностей в энергии и, сжигая его, в определенном смысле завершает круговорот углерода, возвращая в атмосферу углекислый газ.

Другой путь углерода связан с созданием карбонатной системы в различных водоемах, где CO_2 переходит в H_2CO_3 , HCO_3^{1-} и CO_3^{2-} , а затем с помощью растворенного в воде кальция (реже магния) происходит осаждение карбонатов CaCO_3 биогенным и абиогенным путями с образованием залежей известняков.

Круговорот углерода неразрывно связан с **круговоротом кислорода** – одного из наиболее активных газов, занимающего в составе земной атмосферы второе место после азота. Круговорот кислорода весьма сложен, поскольку он входит в состав множества химических соединений минерального и органического миров, но одним из ключевых звеньев его также является CO_2 . В течение геологической истории Земли содержание CO_2 в атмосфере все время снижалось, составляя когда-то 60%, но за последние 100 лет его концентрация

вновь стала возрастать и, увеличилась на 25%, что, при сохранении этой тенденции, по мнению многих, может привести к глобальному потеплению.

Парниковым эффектом (т.е. способностью задерживать тепловое излучение Земли в космос) обладают многие газы: фреоны (хлорфторуглероды, например - CCl_2F_2), метан CH_4 , оксиды азота, пары воды и другие, однако CO_2 обеспечивает около 60% этого эффекта, последствиями которого может стать повышение уровня Мирового океана и затопление прибрежных территорий, изменение климата и усиление штормовой активности, смещение климатических зон, таяние многолетней мерзлоты и т.д. С циркуляцией кислорода связана также проблема разрушения озонового слоя атмосферы, куда в результате человеческой деятельности попадают сотни веществ, многие из которых являются парниковыми газами и разрушителями озона: например, соединение хлора и брома, оксиды азота и серы и т.д. По прогнозам при сокращении озонового слоя на 5% поток ультрафиолетового излучения увеличится на 10%, а количество заболеваний раком кожи – на 20-30%.

Круговорот азота является примером саморегулирующегося цикла с большим резервным фондом в атмосфере, в который азот составляет 78%. Большую роль в этом цикле играют микроорганизмы - азотфиксаторы (клубеньковые бактерии бобовых растений, некоторые водоросли и грибы), переводящие N_2 в нитраты, доступные остальным растениям, от которых по пищевым цепям он передается другим организмам экосистемы. Продукты их жизнедеятельности и мертвые тела, разлагаясь с помощью бактерий, возвращают азот в почву, главным образом в аммонийной (NH_4^+) форме, которую некоторые бактерии - нитрификаторы могут переводить в нитритную (NO_2^-) или нитратную форму (NO_3^-), усваиваемые любыми растениями. Восстановление связанного азота до газообразного N_2 или оксидов азота N_xO_y осуществляется бактериями – денитрификаторами.

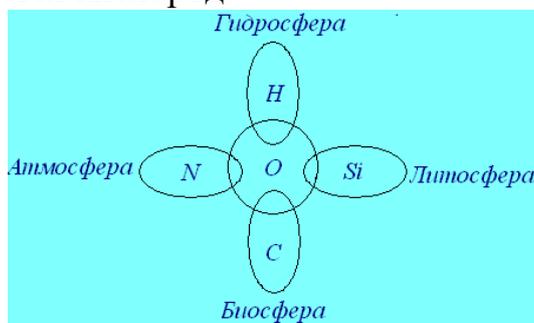
Проблемы, связанные с круговоротом азота, заключаются в том, что для повышения продуктивности агроценозов, человек вносит в почву азотные удобрения, которые усваиваются не более чем на 50%. Смытые в реки нитраты приводят к эвтрофированию водоемов, а накопленные в овощах могут вызвать отравление. Оксиды азота, которые образуются в двигателях внутреннего сгорания и входят в состав фотохимического смога, взаимодействуя на свету с не полностью сгоревшими углеводородами топлива, образуют ядовитые озон и ПАН (пероксиацетилнитрат). Кроме того, окислы азота в некоторых районах дают до 40% кислотных дождей, под воздействием которых не только гибнут природные сообщества, но и разрушаются памятники архитектуры.

Кислотные дожди связаны и с **круговоротом серы**, который имеет свои особенности. Сера – биогенный элемент, который почти не бывает в дефиците, имея обширный резервный фонд в почве в виде сульфатов и образуя свыше 420 минералов. В круговороте серы наряду с геохимическими и метеорологическими процессами большую роль играют микроорганизмы, одни

из которых выполняют функцию окисления (например, аэробное окисление H_2S до SO_4^{2-} серо- и тиобактериями) а другие восстановления (анаэробное восстановление SO_4^{2-} до H_2S сульфатредуцирующими бактериями). Сульфат SO_4^{2-} - это основная доступная для живых организмов форма серы, которая восстанавливается автотрофами и включается в белки.

Круговорот фосфора это пример осадочного цикла с резервным фондом в земной коре, где, входя в состав различных минералов, фосфор содержится в виде неорганического фосфат-иона PO_4^{3-} , который поглощают растения, включая фосфор в состав различных органических соединений, передаваемых по пищевым цепям всем прочим организмам экосистемы. В процессе клеточного дыхания фосфаты вновь поступают в окружающую среду, после чего могут снова поглощаться растениями и начинать новый цикл. В отличие от углекислого газа, который свободно переносится воздушными потоками, у фосфора нет газовой фазы и, попадая в водоемы, он аккумулируется там, насыщая, а иногда и перенасыщая их экосистемы. Фосфор и другие минеральные биогены циркулируют в экосистеме лишь в том случае, если содержащие их "отходы" жизнедеятельности откладываются в местах поглощения данного элемента, как это и происходит в естественных экосистемах, но когда в их функционирование вмешивается человек, он нарушает естественный круговорот, перевозя например, удобрения или урожай вместе с аккумулированными биогенами на большие расстояния к потребителям.

Связующим и важнейшим составным элементом биосферы и всех других оболочек планеты является кислород:



Несмотря на то, что в состав **живых организмов** входят те же химические элементы, соединения которых образуют атмосферу, гидросферу и литосферу, **организмы не повторяют полностью химического состава среды.**

4.3.3. Химические процессы в биосфере

Для химических процессов в биосфере характерны следующие особенности:

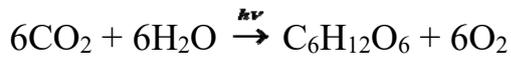
- участие в химических и биохимических реакциях большого числа органических и неорганических веществ;
- протекание химических реакций смешанного типа, часто без непосредственного контакта взаимодействующих веществ (например,

окислитель и восстановитель в живых организмах в большинстве случаев находятся в разных частях тела);

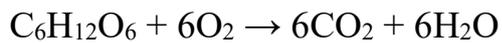
- неравновесность процессов;
- участие в химических реакциях живых организмов.

Примеры химических и фотохимических процессов в биосфере

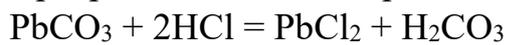
Фотосинтез:



Дыхание:



Превращение солей в организме человека на примере PbCO_3 :



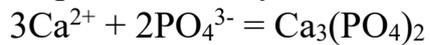
(с кислотой желудочного сока)



(в щелочной среде кишечника)



Образование «зубного камня»:



ГЛАВА 5. СТРУКТУРА ЛИТОСФЕРЫ. ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

5.1. Структура литосферы

Литосфера – это внешняя оболочка «твёрдой» Земли, расположенная ниже атмосферы и гидросферы над астеносферой. Мощность литосферы изменяется от 50 км (под океанами) до 100 км (под материками). В её составе – земная кора и субстрат, входящий в состав верхней мантии. Границей между земной корой и субстратом служит поверхность Мохоровичича, при пересечении которой сверху вниз скачкообразно увеличивается скорость продольных сейсмических волн. Литосфера не есть единое целое. Пространственное (горизонтальное) строение литосферы представлено её крупными блоками – так называемыми литосферными плитами, отделёнными друг от друга глубинными тектоническими разломами. Сейчас литосфера Земли состоит из семи больших плит и нескольких более мелких плит. Литосферные плиты скользят в определенных направлениях, наезжая при этом друг на друга.

В границах литосферы периодически происходили и происходят грозные экологические процессы (сдвиги, сели, обвалы, эрозия), которые имеют огромное значение для формирования экологических ситуаций в определенном регионе планеты, а иногда приводят к глобальным экологическим катастрофам.

Приблизительно 5,5 млрд. лет назад из холодного планетного вещества возникли первые планеты, в том числе и первичная Земля. В это время она была космическим телом, но еще не стала планетой, атмосферы и гидросферы тогда не существовало, поверхность планеты была совершенно безжизненна. Протоземля представляла собой холодное скопление космического вещества. Под влиянием гравитационного уплотнения, нагревания от непрерывных ударов космических тел (комет и метеоритов) и выделения тепла радиоактивными элементами поверхность Протоземли стала нагреваться. Когда температура недр достигла уровня плавления окислов железа и других соединений, начались активные процессы формирования ядра и основных оболочек планеты.

Общим процессом формирования оболочек Земли, согласно гипотезе академика А.П. Виноградова, послужило зонное плавление в мантии, располагающейся вокруг ядра. При этом тугоплавкие и тяжелые элементы погружались вниз, образуя и наращивая ядро, а легкоплавкие и легкие по массе элементы поднимались вверх, образуя земную кору и литосферу.

Земная кора — каменная оболочка, сложенная твердым веществом с избытком кремнезема, щелочи, воды и недостаточным количеством магния и железа. Она отделяется от верхней мантии границей Мохоровичича (слоем Мохо), на которой происходит скачок скоростей продольных сейсмических волн примерно до 8 км/с. Этот рубеж, установленный в 1909 г. югославским ученым А. Мохоровичичем, как считают, совпадает с внешней перидотитовой

оболочкой верхней мантии. Мощность земной коры (1% от общей массы Земли) составляет в среднем 35 км: под молодыми складчатыми горами на континентах она увеличивается до 80 км, а под срединно-океаническими хребтами уменьшается до 6 — 7 км (считая от поверхности океанского дна).



Рис. 5.1. Внутреннее строение Земли

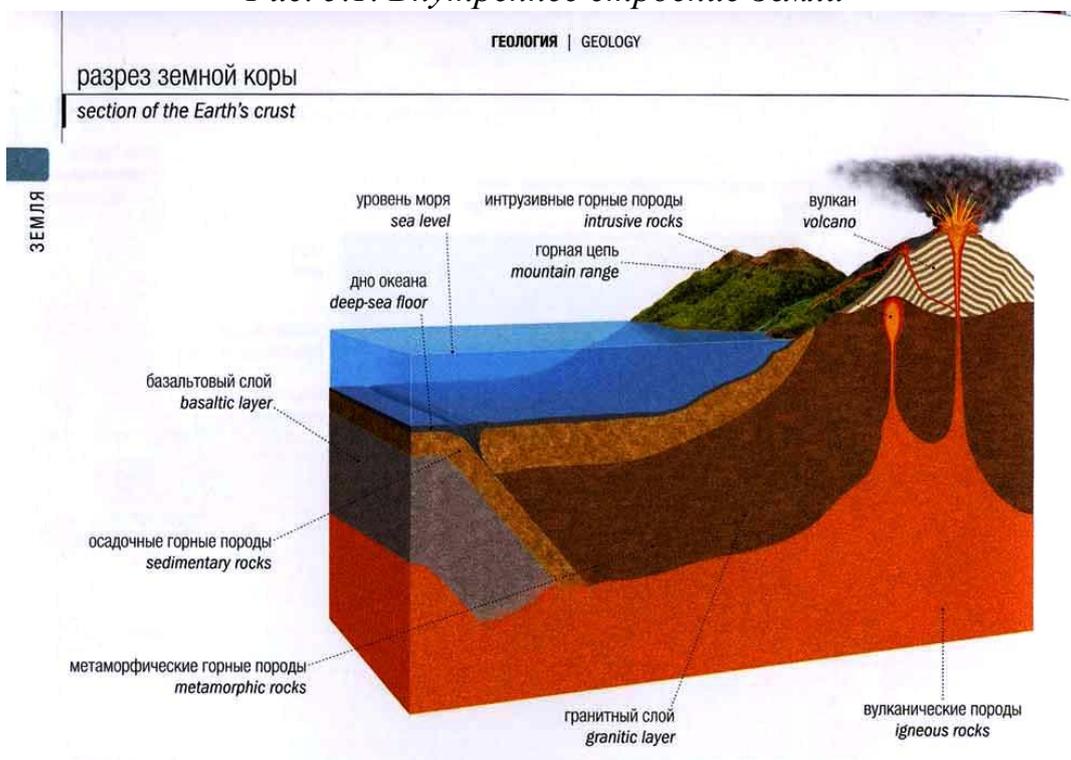


Рис. 5.2. Типы земной коры (по М.В. Муратову): 1- вода; 2 - осадочный слой; 3 - гранитный слой; 4 - базальтовый слой; 5 - мантия Земли; 6 - участки мантии,

сложенные породами повышенной мощности; 7 - участки мантии, сложенные породами пониженной мощности; 8 - глубинные разломы; 9 - вулканический конус

Первый тип называется материковым, его мощность 30—40 км, под молодыми горами она увеличивается до 80 км. Этот тип земной коры соответствует в рельефе материковым выступам (включается подводная окраина материка). Наиболее распространено деление ее на три слоя: осадочный, гранитный и базальтовый. Осадочный слой, толщиной до 15—20 км, сложен слоистыми осадками (преобладают глины и глинистые сланцы, широко представлены песчаные, карбонатные и вулканогенные породы). Гранитный слой (мощность 10—15 км) состоит из метаморфических и изверженных кислых пород с содержанием кремнезема свыше 65 %, близких по своим свойствам к граниту; наиболее распространены гнейсы, гранодиориты и диориты, граниты, кристаллические сланцы. Нижний слой наиболее плотный, толщиной 15—35 км, получил название базальтового за сходство с базальтами. Средняя плотность материковой коры 2,7 г/см³. Между гранитным и базальтовым слоями лежит граница Конрада, названная по фамилии открывшего ее австрийского геофизика. Название слоев — гранитный и базальтовый — условны, они даны по скоростям прохождения сейсмических волн. Современное название слоев несколько иное (Е. В. Хаин, М.Г. Ломизе): второй слой называется гранитно-метаморфическим, так как собственно гранитов в нем почти нет, сложен он гнейсами и кристаллическими сланцами. Третий слой — гранулитобазитовый, его образуют сильнометаморфизованные горные породы (таблица).

Таблица 1.

Химический состав континентальной и океанической коры
(по С.В. Аплонову, 2001)

Оксиды	Содержание в %	
	Континентальная кора	Океаническая кора
SiO ₂	60,2	48,6
TiO ₂	0,7	1,4
Al ₂ O ₃	15,2	16,5
Fe ₂ O ₃	2,5	2,3
FeO	3,8	6,2
MnO	0,1	0,2
MgO	3,1	6,8
CaO	5,5	12,3
Na ₂ O	3,0	2,6
K ₂ O	2,8	0,4

Второй тип земной коры — переходный, или геосинклинальный, — соответствует переходным зонам (геосинклиналям). Расположены переходные зоны у восточных берегов материка Евразии, у восточных и западных берегов Северной и Южной Америки. Имеют следующее классическое строение: котловина окраинного моря, островные дуги и глубоководный желоб. Под котловинами морей и глубоководными желобами нетгранитно-осадочного слоя, земная кора состоит из осадочного слоя повышенной мощности и гранитного. Гранитный слой появляется только в островных дугах. Средняя мощность геосинклинального типа земной коры 15—30 км.

Третий тип — океаническая земная кора, соответствует ложу океана, мощность коры 5—10 км. Имеет двухслойное строение: первый слой — осадочный, образован глинисто-кремнисто-карбонатными породами; второй слой состоит из полнокристаллических магматических пород основного состава (габбро). Между осадочным и базальтовым слоями выделяется промежуточный слой, состоящий из базальтовых лав с прослоями осадочных пород. Поэтому иногда говорят о трехслойном строении океанической коры.

Четвертый тип — рифтогенная земная кора, характерна для срединно-океанических хребтов, ее мощность 1,5—2 км. В срединно-океанических хребтах близко к поверхности подходят породы мантии. Мощность осадочного слоя 1—2 км, базальтовый слой в рифтовых долинах выклинивается.

5.2. Вредные и ядовитые химические элементы в загрязненных почвах.

Химический состав почв

Под химическим составом почвы обычно понимают элементный состав минеральной части почвы, а также содержание в ней гумуса, азота, углекислого газа и химически связанной воды. В состав почвы входят почти все известные химические элементы. При изучении полного валового состава почвы в ней определяют: Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, S, P, Ti и Mn.

Наиболее распространенными в почве являются следующие элементы: кислород (49 %), кремний (33 %), алюминий (7,13%), железо (3,80 %), углерод (2,0 %), кальций (1,37 %), калий (1,36 %), натрий (0,63 %), магний (0,63%), азот (0,10%).

Кислород. Образует много разнообразных соединений. Он входит в состав органического вещества, первичных и вторичных минералов, содержится в почвенном воздухе, органических и минеральных соединениях почвенного раствора. При дефиците свободного кислорода в почве создаются анаэробные условия.

Водород. Присутствует в почвах главным образом в составе воды, угольной кислоты и в органическом веществе, а также в кислых солях и гидроксильных ионах. Часть водорода находится в почвенном растворе и в обменном состоянии, обуславливая актуальную, а потенциальную кислотность

почвы.

Кремний. Валовое содержание оксида кремния (SiO_2) в почвах варьирует в широких пределах от 30.40 % в ферраллитных почвах тропиков до 90...98% в песчаных почвах. Однако в среднем оно составляет 60...70%. Кварц - наиболее распространенное соединение кремния в почвах- кремний входит и в состав различных силикатов и алюмосиликатов. В результате процессов выветривания и почвообразования они разрушаются и кремний переходит в почвенный раствор в форме анионов орто- и метакремниевой кислот, а затем осаждается в виде гелей — аморфных осадков. Постепенно теряя воду, аморфный гель кремнезема превращается в опал и халцедон или же кристаллический кварц вторичного происхождения.

Обычно в почвах обнаруживается незначительное количество водорастворимого кремнезема (до 10...50 мг/л). С увеличением рН среды растворимость кремнезема возрастает. Так, в щелочных содовых растворах ириры, равном 10.11, его содержание достигает 100...200мг/л. Однако сульфаты, карбонаты и гидрокарбонат кальция и магния, присутствующие в почве, подавляют растворимость кремнезема и вызывают осаждение SiO_2 , если он находится в форме силиката натрия. В условиях влажных тропиков часть высвободившегося кремнезема вымывается из почв (процесс десиляции). В аридных зонах при поступлении кремнезема из щелочных грунтовых вод он образует в почве кремнеземистые сцементированные горизонты прослой и коры.

Алюминий. Валовое содержание в почвах Al_2O_3 обычно колеблется от 1...2 до 15...20%, достигая в латеритах 50% массы почвы. Наряду с кремнием и кислородом алюминий - важнейший компонент алюмосиликатов. Поведение алюминия, освобождающегося при разрушении первичных и вторичных минералов, зависит от реакции среды.

В кислой среде — это катион Al^{3+} , в щелочной — анион $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. При поступлении в почвенный раствор Al^{3+} образуются комплексные ионы, гидролизованные в различной степени. Они имеют кислотные свойства, так как при взаимодействии с водой освобождаются ионы H^+ .

Гидроксид алюминия выпадает в осадок в виде аморфного геля, который в дальнейшем приобретает кристаллическую структуру с образованием гиббсита и бёмита. Частично $\text{Al}(\text{OH})_3$, может оставаться в почвенном растворе в виде золя. В кислой среде он взаимодействует с фульвокислотами и низкомолекулярными органическими веществами с образованием подвижных комплексных соединений, в форме которых мигрирует в почвенном профиле. Коллоидный гидроксид алюминия часто связывается с гелем кремнезема противоположного знака заряда, образуя смешанный гель - аллофан.

В обменной форме Al^{3+} в значительных количествах присутствует в кислых почвах, где он вместе с H^+ насыщает часть поглощающего комплекса. Обменный алюминий уравнивает алюминий почвенного раствора. В

кислых почвах обменный алюминий часто переходит в необменную форму, закрепляясь в межпакетных пространствах разбухающих минералов, особенно вермикулитов.

Обменный и водорастворимый алюминий ухудшают минеральное питание растений, переводит фосфор в труднорастворимые соединения и препятствуя поглощению двухвалентных катионов. Кроме того, алюминий токсичен для многих культур. Под его влиянием ухудшается развитие корневой системы, нарушается углеводный и азотный обмен в растении.

Железо. Относится к элементам, выполняющим важнейшие функции в растениях. Без него в зеленых частях растений не образуется хлорофилл, как и железо — необходимая составная часть системы ферментов, участвующих в синтезе хлорофилла. Железо регулирует процессы окисления и восстановления сложных органических соединений в растениях. Его недостаток вызывает хлороз и распад ростовых веществ (ауксинов), синтезируемых растениями.

По соединениям железа, находящимся в почвах, можно судить о многих свойствах почв, а также об элементарных почвенных процессах и генезисе почв. Цвет почвы зависит от степени гидратации соединений железа. Так, красный цвет в основном связан с присутствием сильноокристаллизованных оксидов железа, желтый — с преобладанием слабоокристаллизованных гидроксидов, соединения железа (II) придают почве сизую, серо-голубоватую или зеленовато-оливковую окраску. Повышенное содержание аморфных форм соединений железа показатель палео- или современного гидроморфизма. По распределению железа в почвенном профиле можно судить о процессах лессиважа, иллювиирования, панцере- и латеритообразования. В гидратированном состоянии и в контакте с глиногумусовым комплексом соединения железа способствуют образованию пористых, водопрочных агрегатов. Железо важный компонент окислительно-восстановительной системы почвы, участвует в образовании разнообразных конкреций.

Общее содержание в почве Fe_2O_3 колеблется в широких пределах от 0,5... 1,0 % в песчаных почвах до 20...80% в феррильных почвах и латеритах тропиков.

Формы соединений железа в почве разнообразны. Оно находится в составе различных первичных и вторичных минералов, в виде аморфных гидроксидов простых солей, в обменном состоянии, участвует в образовании комплексов. Одна из важнейших особенностей железа способность менять валентность, поэтому его присутствие в почвах в виде Fe^{2+} или Fe^{3+} сильно зависит от окислительно-восстановительного режима.

В результате разрушения минералов при выветривании и почвообразовании высвобождается гидроксид железа $Fe(OH)_3$. Это малоподвижное и аморфное соединение образуется практически во всех почвах, если только в раствор поступает свободное железо.

Водорастворимое (ионное) железо изучено недостаточно. Ионы железа (III) присутствуют только в сильноокислой среде (при рН, равном 3 и ниже) и при высоких (близких к 800 мВ) значениях окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). Такие сочетания в почвах встречаются редко. При более высоких значениях рН железо осаждается в форме гидроксида $\text{Fe}(\text{OH})_3$, а при подщелачивании среды образуются анионы $\text{Fe}(\text{OH})^-$. Железо (II) в значительных количествах присутствует только в переувлажненных и затопленных почвах. Восстановление железа начинается при ОВП ниже 300...400 мВ, причем чем выше рН, тем больше должно быть снижение ОВП, при этом образуются такие соединения, как FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, FeSO_4 , $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \times 8\text{H}_2\text{O}$, FeS , а в щелочной среде — ферроферригидроксид $\text{Fe}_3(\text{OH})_8$. Водорастворимое железо поглощается почвенными коллоидами и переходит в обменное состояние в виде Fe^{2+} . В гидроморфных гумусированных и биологически активных почвах содержится до 18 мг-экв/100 г обменного Fe^{2+} .

Железо активно с органическими веществами и фульвокислотами с образованием прочных комплексных железоорганических соединений, способных к миграции в почвенном профиле. Органические вещества не только вступают во взаимодействие с ионным железом, оксидами и гидроксидами железа, но и способны извлекать его из кристаллической решетки первичных минералов и глинистых вторичных минералов.

Кальций. Этот элемент имеет огромное значение не только в питании растений, но и в почвообразовании. Кальций содержится во всех растительных клетках. При его недостатке, прежде всего, замедляется развитие корневой системы растений, корни ослизняются и быстро загнивают, а при кальциевом голодании отмирает верхушечная почка и прекращается рост стебли. Кальций влияет на прочность надземных частей растений и качество продукции растениеводства.

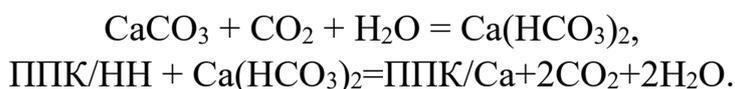
Соединения кальция создают благоприятные условия для трансформации органических остатков, гумусообразования, участвуют в образовании глинистых минералов, влияют на природу глиногумусовых комплексов, играют важную роль в биологических процессах. Кальций - эффективный коагулятор почвенных коллоидов, он также способствует формированию агрономически ценной структуры почвы.

Содержание кальция в бескарбонатных почвах составляет 1...3%. Он входит в состав кристаллической решетки многих минералов. Может находиться как в обменно-поглощенном состоянии, так и в форме простых солей (хлоридов, нитратов, карбонатов, сульфатов и фосфатов). В процессе почвообразования в аридных регионах много кальция накапливается в форме вторичного кальцита (CaCO_3) и гипса ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$). Гидрогенным путем могут образовываться известковые или гипсовые коры.

Карбонат кальция присутствует в почвах в двух формах: активной и неактивной. Неактивные карбонаты представлены крупнозернистым или

обломочным кальцитом и сосредоточены в крупных фракциях (размером более 1 мкм). Они малорастворимы в воде, насыщенной CO_2 , проявляют невысокую химическую активность, не влияют на поглощающий комплекс и представляют собой резерв кальция, способного переходить в активную форму.

Активные карбонаты сосредоточены во фракциях размером менее 1 мкм. Взаимодействуя с почвенным раствором, насыщенным CO_2 , они переходят в гидрокарбонаты и насыщают кальцием поглощающий комплекс.



Свободный углекислый кальций обуславливает слабощелочную реакцию почвенного раствора. В бескарбонатных почвах кальций, насыщая поглощающий комплекс, придает им нейтральную реакцию среды. В почвах с промывным типом водного режима при низком содержании обменного кальция реакция среды кислая.

Обычно растения не испытывают недостатка в кальции. Однако на растениях, произрастающих на кислых и сильнокислых почвах, особенно легкого гранулометрического состава, будет сказываться недостаток кальция.

Магний. Входит в состав многих органических веществ, образующихся в растениях важнейшее из которых хлорофилл, придающий листьям зеленый цвет и поглощающий энергию солнечных лучей. Магний положительно влияет на потребление растениями, особенно цитрусовыми, питательных веществ, насыщая вместе с кальцием почвенный поглощающий комплекс, магний способствует созданию нейтральной реакции среды. Вместе с тем при повышенном содержании обменного магния почвы характеризуются латоприятными агрофизическими свойствами. В таких почвах образуются подвижные гуматы и фульваты магния, что снижает почвенное плодородие.

Валовое содержание магния в почвах близко к содержанию кальция. Как и кальций, он находится в кристаллической решетке первичных и вторичных минералов, в обменном состоянии и в форме различных солей — карбонатов, сульфатов и хлоридов. В аридных регионах при засолении почв соли магния накапливаются в избыточных количествах и оказывают угнетающее действие на растения. В почвах с реакцией среды, близкой к нейтральной, магний занимает второе место после кальция среди обменных катионов. Дефицит магния испытывают растения, произрастающие на почвах легкого гранулометрического состава.

Калий. Этот элемент наравне с азотом, фосфором и серой интенсивно поглощают растения, особенно такие, как картофель, корнеплоды, травы, табак, овощные культуры. Валовое содержание калия в почвах относительно высокое (до 2.3 %). Основная часть его входит в кристаллическую решетку первичных и вторичных минералов и доступна для растений. Однако из некоторых

минералов (биотита мусковита) растения сравнительно легко извлекают этот элемент.

Калий, представленный простыми солями почвенного раствора, легко доступен растениям но главная роль в питании растений принадлежит обменному калию, адсорбированному на поверхности почвенных коллоидов. Обменный калий, подобно иону способен переходить в необменную форму. Такое явление известно как ретроградация. Между обменной и необменной формами калия существует определенное равновесие. При потреблении обменного калия его запасы пополняются за счет необменного. Переход из одной формы в другую возможен при определенных условиях. Так, переход калия в необменное состояние происходит при повышении рН и избытке ионов Ca^{2+} в растворе, иссушении почвы и сокращении межпакетных расстояний минералов с разбухающей решеткой. Обратному процессу способствуют биологическое поглощение обменного калия и гидратация минералов.

Натрий. Валовое содержание натрия в почве составляет 1.3%. Он сосредоточен главным образом в кристаллической решетке первичных минералов. Преимущественно натрий содержащих полевых шпатов, присутствует в обменном состоянии и в почвенном растворе в составе водорастворимых солей Na_2CO_3 , NaHCO_3 , Na_2SO_4 , NaCl и NaNO_3 . При достаточном увлажнении соли натрия легко выносятся из почвенного профиля благодаря высокой растворимости и подвижности, а в аридных регионах вместе с другими солями аккумулируются в почвах, вызывая их засоление. Это отрицательно сказывается на развитии растений, для которых особенно токсична соль Na_2CO_3 . Почвенное плодородие снижается и при высоком содержании обменного натрия. Когда его доля в составе обменных катионов превышает 10% емкости обмена, существенно ухудшаются агрономические свойства почв, что вынуждает проводить их мелиорацию.

Углерод. В почвах находится в составе органического вещества и в составе солей — карбонатов и гидрокарбонатов. Содержание органического углерода колеблется от долей процента в песчаных почвах, бедных органическим веществом, до 6...7% и более в черноземах и некоторых дерновых почвах, а в торфяных почвах и торфянистых горизонтах достигает десятков процентов. Содержание углерода минеральных соединений также изменяется в широких пределах: от долей процента в почвах с промывным водным режимом до десятков процентов в аридных регионах, где он аккумулируется в почвах в составе карбонатов. Значительное количество углерода находится в углекислом газе почвенного воздуха.

Азот. Это важнейший элемент питания растений. Он почти целиком сосредоточен в органическом веществе почвы и клетках живых организмов. Азот составляет, как правило, 1/10...1/20 часть от содержания органического углерода. Накопление азота в почве обусловлено биологической фиксацией его из атмосферы. В почвообразующих породах этого элемента очень мало.

Азот доступен растениям главным образом в виде аммония, нитратов и нитритов, хотя последняя форма в почвах практически не содержится. Аммонийный и нитратный азот - основные формы азотистых соединений, которые усваивают растения. Аммонийный азот находится в почве в свободном состоянии и почвенном растворе, из него аммоний поглощается отрицательно заряженными почвенными коллоидами и переходит в обменную форму. Часть обменно поглощённого аммония фиксируется в межпакетных пространствах разбухающих минералов и теряет способность к обмену, трансформируясь в необменную форму.

Ион NO_3^- в большинстве почв находится преимущественно в почвенном растворе и легко поглощается растениями. В то же время он легко вымывается за пределы почвенного профиля атмосферными осадками. В почвах с высоким содержанием положительно заряженных коллоидов железа и алюминия, таких как ферраллитные почвы может присутствовать в обменно-поглощенном состоянии.

Фосфор. Валовое содержание фосфора в почвах невысокое - 0,1...0,2%. Однако его активно поглощают растения, поскольку он входит в состав многих органических соединений, без которых невозможно функционирование живых организмов. В почвах фосфор представлен органическими и минеральными соединениями. органическое вещество почвы - резерв подвижного фосфора, поскольку оно содержит до 60...80% всех запасов фосфора. Органические соединения фосфора представлены фосфолипидами, фосфопротеинами, сахарофосфатами. Значительная часть фосфора входит в состав гумусовых веществ. Так, в гуминовых кислотах содержится до 50.80 % всего органического фосфора почвы. Растительные остатки также богаты этим элементом. Фосфорорганических соединений переходят в доступную форму после минерализации их микрофлорой.

Среди минеральных соединений фосфора важнейшую роль играют соли ортофосфорной кислоты H_3PO_4 .

Фосфат в обменном состоянии удерживается на поверхности глинистых минералов обменными двух- и трехвалентными катионами или катионами кристаллических решеток. Таким путем из почвы поглощается до 1% фосфора. У аморфных гидроксидов способность к поглощению фосфора выше, чем у глинистых минералов: для $\text{Fe}(\text{OH})_3$ она составляет 4%, для $\text{Al}(\text{OH})_3$ - около 25%. Важную роль в удержании фосфора играют гидраты железа, входящие в органоминеральные комплексы. Свободный алюминий удерживает фосфор в менее растворимой форме, чем обменный или AP кристаллических решеток. Окристаллизованные гидроксиды (гиббсит и гётит) фосфор практически не поглощают. В почвах, содержащих карбонаты в активной форме, фосфор сохраняется в обменной форме при не слишком высоких значениях pH и достаточном содержании гумуса.

Ф. Дюшофур считает, что между фосфором почвенного раствора и

фосфором, поглощенным коллоидами, существует постоянный обмен, приводящий к равновесному состоянию между обменным и растворимым фосфором. Вследствие этого всякие изменения в концентрации фосфора немедленно компенсируются путем обмена. Однако часть почвенного фосфора (нерастворимые фосфаты) не участвует в этом кинетическом обмене.

Фосфор теряет растворимость и способность к обмену в результате осаждения и включения в кристаллические образования. Осаждение происходит при наличии растворимого и обменного фосфора в очень кислой (и восстановленной) среде, содержащей растворимые ионы Al^{3+} или Fe^{2+} . В результате осаждения образуются нерастворимые фосфаты железа или алюминия с соотношением фосфор-металл порядка 1: 2, тогда как для фосфора адсорбированного поверхностью коллоидальных гидроксидов оно равно 1:100 или 1:500.

В почвах происходит медленная и постепенная потеря фосфором растворимости что возможно в результате следующих процессов:

- проникновения фосфат-ионов в межплоскостные пространства глинистых минералов во время приобретения гелями слоистой структуры или раздвигания слоев у некоторых разбухающих минералов;
- образования железистых конкреций и поглощения ими фосфат-ионов, а также включения фосфат-ионов в минералы типа гётита или гиббсита в процессе кристаллизации соответствующих гидроксидов;
- фиксации фосфатов в карбонатной среде, когда рН поднимается выше 8ми, фосфаты переходят в менее растворимое и более состояние.

Доступность фосфора растениям у почв разных типов неодинакова. Сравнительно легко переходит в раствор фосфор, удерживаемый глинистыми минералами глиногумусового комплекса в кислых почвах доступность фосфора растениям, резко падает, вследствие связывания его свободным алюминием и включения в железистые конкреции. При высоком содержании карбонатов доступность фосфора растениям также низкая.

Известкование кислых почв, свежее органическое вещество, служащее источником подвижных гумусовых веществ, способствуют растворению фиксированного фосфора и повышают его доступность растениям. Выращивание бобовых трав способствует мобилизации почвенных фосфатов, поскольку они энергично экстрагируют фосфор, даже малорастворимый. Разлагающиеся остатки бобовых трав в дальнейшем будут служить источником растворимого фосфора для других культур.

Сера. Это важный элемент питания растений, она необходима для синтеза аминокислот и ферментов. Ее содержание в верхних горизонтах незасоленных почв колеблется в широких пределах — от 0,01 до 0,2,0,4%, в засоленных достигает нескольких десятков процентов. Повышенное содержание серы в почвах наблюдается при загрязнении их промышленными отходами, в местах выпадения с осадками газообразных выбросов соединений серы. Сера входит в

состав разнообразных органических и минеральных соединений. В верхних гумусовых горизонтах почв на долю органических соединений приходится 70...80% всех запасов серы. Доля минеральных соединений увеличивается по мере снижения содержания гумуса и накопления легкорастворимых солей и гипса. Сульфаты щелочных и щелочноземельных элементов — наиболее распространенная форма минеральных соединений серы в почвах. В анаэробных условиях при недостатке кислорода сульфатредуцирующие бактерии восстанавливают сульфаты до сульфидов.

Марганец. Среднее содержание марганца в почвах колеблется от 0,01...0,02 до 0,15...0,20%. С биологической точки зрения марганец микроэлемент, имеющий большое значение в физиологии растений. Часто растения страдают от его недостатка, но в повышенных количествах он токсичен. В почвах марганец встречается в различных формах: труднорастворимые оксиды, легко- и труднорастворимые марганцовые соли, в обменном состоянии, в составе силикатов, а также в виде комплексных соединений с органическими веществами.

К легкорастворимым солям относятся Mn_5O_4 , $Mn(OH)_2$, $MnCl_2$, присутствующие в незначительных количествах в почвенном растворе. Из которых марганец переходит в обменную форму. Соединения двухвалентного марганца, включая легкорастворимые соли и обменный Mn^{2+} , присутствуют преимущественно в кислых почвах. В переувлажненных почвах при интенсивном развитии восстановительных процессов могут накапливать труднорастворимые сульфиды марганца MnS_2 и MnS . При увеличении pH почвенного раствора до 8,5 и выше марганец осаждается в виде $Mn(OH)_2$, который впоследствии окисляется до $Mn(OH)_4$ или Mn_3O_4 . В карбонатных почвах аридных регионов образуется труднорастворимая соль $MnCO_3$. Марганец часто входит в состав конкреций, различных по химическому составу. Конкреции глеевых почв содержат до 8...10%, а некоторых тропических почв - до 20 % марганца.

Кроме того, в почве находится большая группа химических элементов, содержание которых невысокое (10^{-2} – 10^{-5} %), но они играют биологическую роль, это – бор, медь, марганец, цинк, кобальт, фтор и др.

По валовому химическому составу можно судить о направлении процессов почвообразования. Так, например, накопление кремнезема в верхних горизонтах, а железа и алюминия в средней части профиля свидетельствует о разрушении алюмосиликатов и выносе из верхних горизонтов подвижных продуктов разрушения.

Формы нахождения химических элементов в почве могут быть иными – в составе минералов, органического вещества, в форме гидроксидов и оксидов, солей, в составе почвенных коллоидов и др., а значит, доступность их растениям разная. Поэтому часто важно определить не валовое содержание элемента в почве, а его доступные растениям количества. С этой целью

используют различные растворители (растворы солей слабых кислот, щелочей), в вытяжках которых и определяют содержание элементов питания растений. Таким образом, химический состав почвы можно рассматривать как показатель экологического состояния почвы. Часто это состояние оказывается неудовлетворительным с точки зрения минерального питания растений, земледelec оптимизирует эту экологическую функцию почвы с помощью внесения удобрений.

Культурные растения по-разному реагируют на один и тот же уровень содержания в почве доступных (легкорастворимых) элементов питания. Так, наиболее требовательными к пищевому режиму почвы являются овощные и плодово-ягодные культуры, менее требовательны яровые зерновые, лен, травы, промежуточное положение занимают пропашные – картофель, кукуруза.

5.3. Охрана почвы от загрязнения радиоактивными веществами

Радиоактивные элементы это химические элементы, имеющие нестабильные атомные ядра, которые самопроизвольно распадаются, превращаясь в атомные ядра других элементов и при этом испуская частицы (электроны, протоны, позитроны, нейтроны) и кванты электромагнитного излучения (рентгеновские и гамма-лучи), которые могут вызывать мутагенные, канцерогенные, тератогенные и другие изменения в живых организмах, а также негативные экологические явления.

Сельскохозяйственная радиоэкология — это наука, предметом которой является изучение закономерностей миграции радионуклидов по биологических цепочках и влияния ионизирующих излучений на сельскохозяйственные растения и животных. Прикладное назначение этой науки разрабатывать меры, ограничивающие вовлечение радионуклидов в биологический кругооборот, позволяющие снижать содержание радиоактивных веществ в растениях и животных и, вследствие этого, в продукции растениеводства и животноводства. Вообще это обоснование системы ведения и функционирования агропромышленного производства на территориях с повышенным содержанием радиоактивных веществ.

Облучение человека от радионуклидов техногенного происхождения в общем виде состоит из:

- внешнего облучения от радионуклидов, выпавших на земную поверхность или растительный покров;
- внутреннего облучения за счет ингаляции радионуклидов, которые находятся в зоне дыхания человека;
- облучения от радионуклидов, поступающих в организм человека с продуктами питания и питьевой водой внутреннее облучение.

Внутреннее облучение в большинстве ситуаций играет главную роль в формировании дозовой нагрузки на человека. Поэтому пищевой путь

поступления радионуклидов в организм человека и определил исключительное внимание до проблем сельскохозяйственной радиоэкологии.

Внешнее облучение — это та составляющая общей дозы, на которую фактически влиять с целью ее уменьшения очень тяжело (деактивация территорий, асфальтирование дорог и тротуаров, центральное водоснабжение, газификация населенных пунктов и т.п.). В то же время, разработанные и научно обоснованные контрмеры, направленные на ограничение поступления радионуклидов с продуктами питания в организм человека, есть наиболее важными в комплексе мер по обеспечению радиационной безопасности.

В истории развития сельскохозяйственной радиоэкологии можно выделить несколько этапов. В довоенные годы главное внимание было уделено особенностям накопления растениями тяжелых природных радионуклидов ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th и др. Этот интерес, главным образом, связывался с разработкой биогеохимического метода поиска урана, а также с академическим изучением закономерностей поглощения тяжелых элементов растениями. В то же время были выполнены первые исследования действия повышенного природного радиационного фона на популяции растений.

Второй этап развития сельскохозяйственной радиоэкологии связан с проведением в 50-х - 60-х годах ядерных испытаний в атмосфере, которые сопровождались выпадением на земную поверхность большого количества искусственных радионуклидов, которые включались в биологический круговорот с участием растений, животных и человека. Именно в это время и произошло оформление сельскохозяйственной радиоэкологии в рамках ее нынешней структуры как самостоятельной научной дисциплины. В эти годы вследствие глобального мониторинга природной среды, загрязненной радиоактивными выпадениями после ядерных испытаний, были изучены закономерности миграции в почвенно-растительном комплексе таких представителей продуктов деления, как ^{137}Cs и ^{90}Sr (основные долгоживущие искусственные радионуклиды в составе смеси осколков деления), Особенности накопления растениями большого количества радиоактивных продуктов деления, радионуклидов с наведенной активностью и некоторых трансурановых радионуклидов. Были определены параметры метаболизма этих радионуклидов в организме сельскохозяйственных животных, а также сделана оценка параметров накопления искусственных радионуклидов в продукции растениеводства и животноводства. Эти результаты стали основой для определения дозовых нагрузок на население и объективного анализа последствий загрязнения биосферы радиоактивными выпадениями после ядерных испытаний.

Наконец, последний этап развития сельскохозяйственной радиоэкологии относится к концу 60-х началу 70-х годов. Это период интенсивного роста ядерной энергетики и использования радиационных технологий в разных отраслях народного хозяйства. В эти годы стало понятно, что ядерная

энергетика в ближайшие десятилетия будет одним из главных источников удовлетворения непрерывно растущих энергетических потребностей человека с одной стороны, и что общий прогресс в развитии ядерной энергетики зависит от решения экологических проблем охраны природной среды от радиационного влияния, связанного с полным ядерным топливным циклом (ЯТЦ), с другой стороны. Это связано с тем, что на всех этапах ЯТЦ, начиная с добывания уранового сырья и заканчивая переработкой отработанного топлива и захоронением высокоактивных отходов, происходит освобождение искусственных радионуклидов в окружающую среду, и в том числе в сельскохозяйственную сферу, а также ускорение темпов миграции тяжелых природных радионуклидов, в том числе и в сельскохозяйственных цепочках круговорота. Таким образом, решение проблемы экологической безопасности функционирования атомных электростанций, и вообще всех предприятий ЯТЦ, тесно связано с анализом радиационной ситуации, складывающейся в агропромышленной сфере на территориях, прилегающих к предприятиям ЯТЦ, а в аварийных случаях - и с принятием мер по ограничению поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию. Это связано с тем, что наличие радионуклидов в пищевых продуктах есть в большинстве радиологических ситуаций главным дополнительным источником облучения человека.

Особую актуальность проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии приобретают в случае аварийных ситуаций, когда имеют место выбросы радиоактивных веществ в атмосферу. Так было: во время аварии на Южном Урале в 1957 году, когда взорвалась емкость с радиоактивными отходами; при радиационной аварии в Уиндскейле (Великобритания) в 1957 году; при аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году. В таких случаях меры в сельском хозяйстве, направленные на ограничение поступления радионуклидов в организм человека, являются, по-видимому, самыми главными в комплексе мер по обеспечению радиационной безопасности. Это отражает преимущественную роль продукции агропромышленного производства, загрязненной радионуклидами, в формировании суммарной дозы облучения населения.

С развитием атомного производства и применением атомной энергии возникло новое научное направление радиоэкология учение об особенностях существования организмов в среде обитания с повышенной (по сравнению с нормой) радиоактивностью. Расширение исследований по изучению поведения радионуклидов в пищевых цепях, ведущих к человеку, с участием сельскохозяйственных растений и животных, а также действия ионизирующих излучений на объекты сельскохозяйственной деятельности сформировали в сельскохозяйственной радиоэкологии два самостоятельных направления: радиоэкологию растений и радиоэкологию животных. Радиоэкология сельскохозяйственных животных изучает закономерности и механизмы миграции радионуклидов в пищевых цепях, принципы их экологического

нормирования, а также действие ионизирующих излучений на организм животных. Это вызвано тем, что продукция животноводства важнейший источник снабжения населения продовольствием, а легкой и пищевой промышленности сырьем. Продукты животного происхождения (молоко, мясо, яйцо и др.) могут быть основными источниками поступления радионуклидов в организм человека и дополнительного его облучения. Поступление с мясом радиоактивных продуктов деления (Sr, Cs и др.) в рацион человека может достигать 25%, а с молоком 100% суммарного потребления с пищей. Данные радиозологии используются для рационального планирования и проведения оперативного и текущего контроля за радиоактивным загрязнением внешней среды, а также для разработки научно обоснованных методов снижения поступления радионуклидов в корма и продукцию животноводства.

ГЛАВА 6. ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

6.1. Метан как глобальный загрязнитель.

Природный газ – топливо и сырье

Метан на нашей планете образуется в результате высокотемпературного химического синтеза в земной коре и деятельности метанообразующих бактерий. Широко известен "болотный газ", состоящий почти исключительно из метана. Он является продуктом медленного разложения различных органических остатков при недостатке кислорода. Из трещин земли во многих местах Земного шара происходит выделение горючего "рудничного" газа.

Содержание метана в атмосфере составляет приблизительно $5 \cdot 10^9$ т. Он расходуется в многочисленных фотохимических процессах, также происходит утечка метана в стратосферу и далее в космическое пространство. Продолжительность существования одной молекулы метана в атмосфере в среднем составляет 5 лет. Следовательно, чтобы количество его в атмосфере поддерживалось постоянным, ежегодно в нее должно поступать $\sim 10^9$ т метана. В нижних слоях атмосферы концентрация метана составляет в среднем $8 \cdot 10^{-5}$ % по массе ($1.5 \cdot 10^{-4}$ % по объему).

Довольно долго считалось, что это содержание существенно не меняется, и метан не рассматривался как загрязнитель атмосферы. В настоящее время установлено, что концентрация метана в атмосфере возрастает еще быстрее, чем содержание углекислого газа. За последние 200 лет содержание CH_4 в атмосфере увеличилось с 650 до 1700 млрд⁻¹. Существует мнение, что метан, как и диоксид углерода, создает парниковый эффект, а значит, может повлиять на климат планеты.

Анализ изотопного состава атмосферного метана показал, что основными производителями его являются бактерии, т.е. атмосферный метан в основном имеет биогенное происхождение. Усиление выработки метана бактериями, прежде всего, происходит вследствие хозяйственной деятельности человечества. Как было показано выше, загрязнение водоемов органическими и минеральными веществами вызывает бурное развитие сине-зеленых водорослей, которые после гибели разлагаются, поглощая кислород, растворенный в воде. При этом усиливаются процессы анаэробного разложения органических веществ, и водоемы становятся природными биореакторами, производящими метан.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы метаном вносит сельскохозяйственная деятельность. Например, источниками метанового загрязнения являются рисовые поля, заливаемые водой, в которой содержатся органические соединения, и сильно увлажненные почвы. Анаэробная ферментация клетчатки и других сложных органических соединений в

пищеварительном тракте некоторых животных также сопровождается образованием метана, который далее попадает в атмосферу. В частности, одна корова производит в сутки до 500 л CH_4 . Из общего количества метана на Земле, образующегося за год, 100—200 млн т (около 20%) имеют такое происхождение. Выделение метана имеет место также в процессе анаэробного разложения (гниения) мусора на свалках.

Учитывая все опасности, связанные с "парниковым эффектом" и возможными изменениями климата, человечеству необходимо как можно скорее оценить свой "вклад" в метановое загрязнение атмосферы и разработать меры борьбы с ним.

Другие газообразные, жидкие и твердые углеводороды широко распространены в природе, однако в большинстве случаев встречаются не в виде чистых соединений, а различных, иногда очень сложных смесей. Такими смесями являются природные газы, нефть, горные воски.

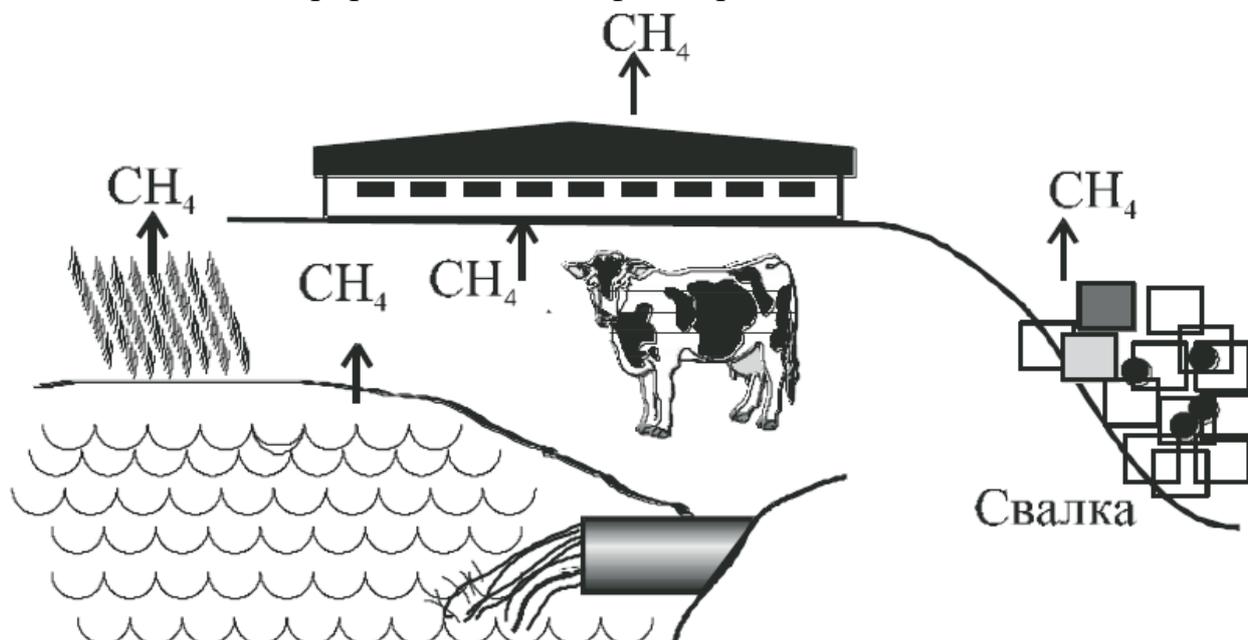


Рис. 6.1. Источники загрязнения атмосферы метаном, связанные с сельскохозяйственной деятельностью

Природные горючие газы содержатся в виде крупных скоплений в газовых, газоконденсатных и нефтегазовых месторождениях. В недрах Земли природный газ содержится между частицами или в порах твердых пород, а не в виде скоплений в подземных полостях. Его мировые начальные геологические ресурсы оцениваются в 150—210 трлн м^3 .

Природные газы встречаются не только как самостоятельные месторождения, но и сопутствуют нефтяным. Утилизация попутного нефтяного газа — важное и экономически выгодное дело. Известно, что с каждой тонной добытой нефти выделяется около 50 м^3 газа, который в недавние времена сжигали в факелах, причиняя двойной ущерб — теряли ценное сырье и

загрязняли атмосферу. Использование попутного нефтяного газа является не только экономической, но и экологической необходимостью.

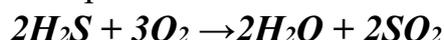
Значительные запасы горючих газов, в частности метана, сосредоточены также и в угольных месторождениях. Существует предположение, что запасов метана в угольных месторождениях больше, чем в природном газе.

Несмотря на все меры предосторожности, ежегодно от подземных взрывов в шахтах, виновником которых является метан, гибнут люди. Этот метан можно собирать (каптировать) и использовать с пользой для людей. В настоящее время это делается совершенно в недостаточном количестве. Дегазационные установки работают приблизительно на 218 шахтах и каптируют только около 20% метана.

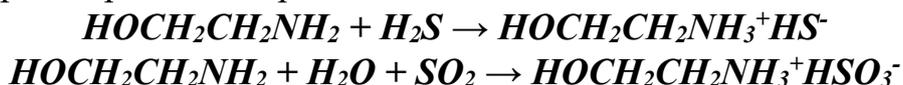
Разработаны проекты, предусматривающие использование каптированного газа на ТЭЦ, для снабжения энергией шахт и рабочих поселков. Затраты на строительство таких установок окупаются в течение 1,5-2 лет.

Метан является основным компонентом природного газа. В зависимости от месторождения его содержание варьируется от 75 до 99%. Обычно в природном газе содержатся гомологи метана — этан, пропан, бутан, изобутан, следовые количества более тяжелых легкокипящих углеводородов. Содержание сероводорода или его органических производных в природном газе может достигать 5—25 %. Перед транспортировкой природного газа по трубопроводам его подвергают предварительной обработке — осушке от водяных паров и очистке от серосодержащих веществ.

Необходимость очистки от соединений серы обуславливается не только технологическими требованиями, поскольку в присутствии сероводорода и меркаптанов резко усиливается коррозия металлов, но и экологическими причинами. Установлено, что при сжигании природного газа, содержащего соединения серы, образуется оксид серы (IV), который, как было упомянуто выше, является глобальным загрязнителем:



Очистка природного газа от серосодержащих соединений достигается путем абсорбции кислых газов сильными основаниями, например, водными растворами щелочей, аммиака, этаноламина и др. При этом технологические схемы в большинстве случаев включают непрерывную циркуляцию между поглотительной установкой и аппаратом, в котором происходит десорбция примесей и регенерация абсорбента.



Так, промывание природного газа раствором моноэтаноламина позволяет снизить концентрацию сернистого газа с 5—50 г/м³ до 0,02 г/м³. Органические соединения серы — меркаптаны, поглощаются твердыми адсорбентами, например, цеолитами.

Из соединений серы, входящих в состав природного газа, можно получать и серу, и серную кислоту, и диоксид серы. Очевидно, что комплексная переработка природного газа имеет существенное значение, поскольку не только предупреждает попадание вредных веществ в атмосферу, но и позволяет получать дополнительные полезные продукты.

В последнее время уделяется особое внимание рациональному использованию спутника газовых месторождений — газового конденсата, представляющего собой жидкость, в состав которой входят взаиморастворенные газообразные (этан, пропан, бутан) и легкокипящие жидкие углеводороды. Основное свойство алканов, на котором базируется их практическое применение, — горючесть. Оно характерно для всех алканов: и газообразных, и жидких алканов нефти, и твердых восков. При поджигании (температура 600°C) алканы вступают во взаимодействие с кислородом, полностью окисляясь при этом до CO_2 и H_2O и выделяя большое количество теплоты.

Например, для метана тепловой эффект составляет 891 кДж/моль, для пропана — 2223 кДж/моль. При сжигании выделяется так много теплоты, что алканы уже более 100 лет служат основным источником энергии.

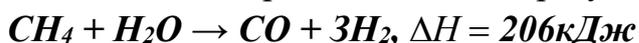
Природный газ обладает высокой теплотворной способностью, транспортируется и, кроме того, является экологически более чистым топливом по сравнению с углем и нефтью. При горении газа не образуется золы и сажи, от соединений серы его очищают перед транспортировкой. Однако образование вредных для окружающей среды веществ наблюдается и при сжигании природного газа. Это — оксиды азота. При высоких температурах в пламени и прилегающем к нему пространстве происходит цепная реакция атмосферного азота с кислородом. Количество образующихся оксидов азота тем больше, чем выше температура в топках. Поэтому в выбросах ТЭЦ, работающих на газе, всегда присутствуют оксиды азота. Окисление азота воздуха может быть значительно сокращено путем регулирования процесса горения, сводящего к минимуму наличие в пламени зон с температурой выше 1600°C .

Однако сжигание алканов, входящих в состав природного газа, не лучший способ их применения, так как они могут служить источником ряда ценных веществ. Тем более это следует иметь в виду, поскольку запасы алканов в природе не безграничны. Так, природного газа, на основании доказанных запасов, при современных темпах потребления может хватить на срок немногим более 50 лет, нефти — на 30—40 лет. В связи с этим уже сегодня начинает увеличиваться доля использования добываемых алканов нефти и газа в качестве сырья в различных отраслях промышленности. Каковы же основные области использования алканов в промышленности сегодня?

Основной компонент природного газа — метан — является промышленным сырьем для получения водорода и синтез-газа. Паровую

конверсию метана проводят при высокой температуре (350—800 °С) и в присутствии катализатора.

Несмотря на смещение равновесия в сторону обратной реакции процесс ведут при повышенном давлении, так как это не только способствует увеличению скорости конверсии, но и позволяет уменьшить объем используемой аппаратуры. Полученную смесь оксида углерода и водорода называют синтез-газом. Эта смесь используется в качестве сырья для получения многих органических продуктов, например, метанола, высших спиртов, альдегидов (оксосинтез), углеводородов. Для получения водорода необходимо из образовавшейся смеси удалить СО, что достигается его каталитическим окислением водой, при этом также образуется дополнительный водород.



Суммарное уравнение конверсии метана:



Паровой каталитической конверсией метана получают более 75 % всего используемого в промышленности водорода. Этот процесс является составной частью синтеза аммиака, который в свою очередь служит сырьем для получения азотных удобрений, красителей, азотной кислоты и т.д.

Водород из метана и других алканов можно получать и другим путем — высокотемпературным пиролизом.



Получаемая наряду с водородом сажа используется в полиграфической, шинной, лакокрасочной и других отраслях промышленности.

Получение ацетилена из метана может быть достигнуто при его пиролизе нагреванием до 1400 °С:

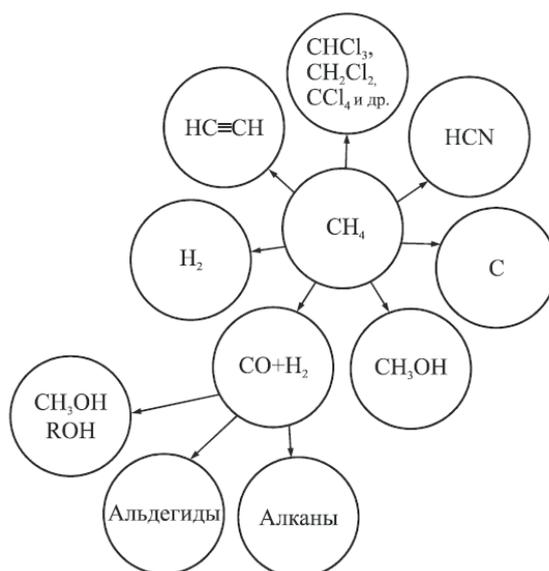
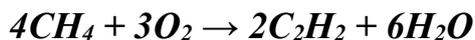
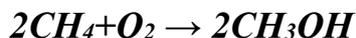


Рис.3.2. Использование метана как сырья для химической промышленности

При окислительном пиролизе метана в присутствии ограниченного количества кислорода высокая температура поддерживается за счет сжигания части метана:



Выход ацетилена достигает 15%. Интересен новый путь получения метанола из метана, найденный канадскими химиками:



Регулируя подачу воздуха, они нашли такие условия, когда при горении метана без катализатора не образуются обычные продукты окисления — CO_2 и H_2O , а происходит прямое превращение части метана в метанол. Выход метанола составляет 8% от общего продукта реакции.

В настоящее время ведется активный поиск катализаторов, которые позволят заменить более энергоемкие пиролитические процессы переработки алканов — составных частей природного газа — каталитическими. При этом важное значение будут иметь катализаторы, обеспечивающие направленное, селективное протекание одной реакции, приводящей к целевому продукту, и не влияющие на другие превращения.

Таким образом, роль алканов в современной энергетике и химической промышленности велика. Однако запасы природного газа ограничены. Энергетика будущего связана с нетрадиционными и возобновляемыми источниками — энергией Солнца, ветра, приливов и отливов морских волн, ядерной и термоядерной энергией. Поиск источников углеводородного сырья для химической промышленности может осуществляться в нескольких направлениях: освоение нетрадиционных источников газового сырья — гидратов природного газа, газификация каменного угля, переработка биомассы растений, биоконверсия органических отходов, синтез из углекислого газа и водорода.

6.2. Нефть в хозяйственной деятельности человека и окружающей среде

Трудно переоценить роль нефти в энергетическом балансе развитых стран. Человечеству она известна с древнейших времен. Невозможно установить, когда именно впервые была обнаружена нефть, но первая промышленная скважина глубиной 23 м была пробурена в 1859 г. в штате Пенсильвания (США). В настоящее время сырьевую базу нефтедобывающей промышленности мира составляет около 30 тыс. известных месторождений. Богатейшими нефтеносными районами мира являются Ближний и Средний Восток. Главная база России по добыче нефти — Западно-Сибирская нефтеносная провинция. Нефтяные месторождения открыты и в других районах — Средней Азии, акватории Каспийского моря, Восточной Сибири и др.

Качественный и количественный состав нефти зависит от месторождения. Так, в бакинской нефти содержится до 90 % нафтеновых углеводородов, в то время как нефть штата Пенсильвания, как и нефть, добываемая в Средней Азии, богата предельными углеводородами.

При добыче нефти из недр значительное количество ее не извлекается, так как выкачать из месторождения всю нефть практически невозможно. В отработанных месторождениях остается в среднем 50—55% нефти, а в отдельных случаях и до 70% разведанных запасов. Такое хищническое отношение к природным ресурсам ускоряет истощение их запасов. Чтобы повысить нефтеотдачу месторождений, используют ряд приемов — подачу в нефтяные пласты воды, солевых растворов, растворов поверхностно-активных веществ и дешевых полимеров, водяного пара; вводят в скважину газовые горелки для подогрева и испарения воды с целью повышения пластовых давлений и др. Повышение нефтеотдачи пластов — верный путь обеспечения стабильного высокого уровня добычи нефти без необходимости освоения новых месторождений.

«Нефть — продукт природы редкий, ей должно дать совершенно иное применение, чем для топлива», — писал более 100 лет назад Д.И.Менделеев. Действительно, во времена Менделеева основными продуктами, получаемыми из нефти, были керосин и смазочные материалы. Интересно, что бензин считался в то время бесполезным и даже из-за своей взрывоопасности вредным продуктом и либо терялся из-за несовершенства системы охлаждения при перегонке, либо попросту уничтожался.

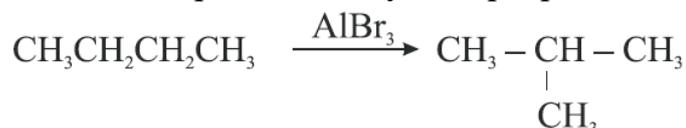
Однако с изобретением двигателя внутреннего сгорания и развитием автомобилестроения потребность в бензине резко возросла.

Но в нефти его содержание не превышает 15%. К тому же в бензиновых фракциях, получаемых при непосредственной перегонке нефти, зачастую содержатся большие количества неразветвленных алканов. Последние непригодны как горючее для современных двигателей внутреннего сгорания из-за детонации, снижающей их мощность на 13—15%. Для современных автомобильных двигателей требуется горючее с октановым числом 99-100, что позволяет не только увеличить срок их службы, но и снизить удельный расход топлива на 10—12 %. Применение высокооктановых бензинов исключает необходимость введения антидетонаторов, в качестве которых наиболее широкое применение нашел тетраэтилсвинец $(C_2H_5)_4Pb$. Использование так называемых этилированных бензинов, содержащих тетраэтилсвинец, приводит к загрязнению окружающей среды опасными соединениями свинца, о чем говорилось ранее. Кроме того, высокооктановые бензины более полно сгорают при нормальной работе двигателей, что ведет к снижению вредных выбросов в выхлопных газах (угарный газ, углеводороды и др.) Использование высокооктановых бензинов выгодно и экономически, и экологически.

Наиболее высокие октановые числа имеют разветвленные алканы и ароматические углеводороды.

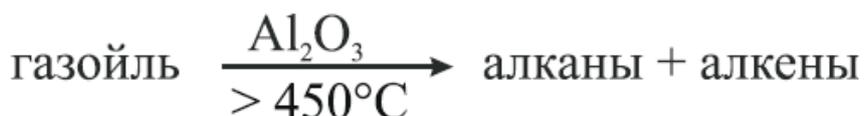
С целью увеличения выхода высокооктановых бензинов на основе нефти разработан ряд технологических процессов, направленных на превращение входящих в состав нефти низкокачественных горючих углеводородов в разветвленные или ароматические соединения. К таким химическим превращениям, осуществляемым на нефтеперерабатывающих заводах, относятся следующие каталитические процессы.

Каталитическая изомеризация — превращение под действием катализатора неразветвленных алканов в изомеры с разветвленной цепью. В процессе каталитической изомеризации н-бутан превращается в изобутан:

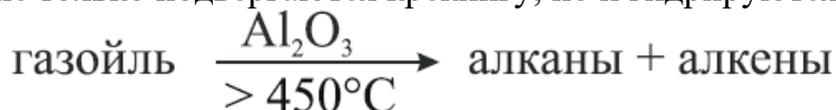


Изомеризации подвергаются также более высокомолекулярные алканы нефти, в результате образуются соединения с более высокими октановыми числами.

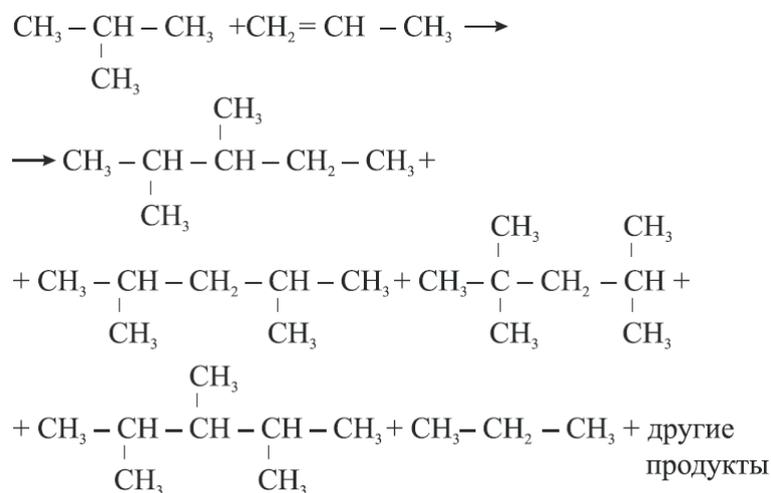
Каталитический крекинг включает расщепление высококипящих фракций углеводородов нефти, например газойля, до низших алканов и алкенов при температуре выше 450°C на кислотных катализаторах, обычно алюмосиликатах:



Родственным каталитическому крекингу процессом является гидрокрекинг, при котором фракции нефти и водород в присутствии сложного катализатора не только подвергаются крекингу, но и гидрируются.



Каталитическое алкилирование — метод получения топлив с высокими октановыми числами из некоторых газообразных низкомолекулярных углеводородов, образующихся при переработке нефти. Этот процесс включает катализируемое кислотами взаимодействие изоалканов с алкенами, например, взаимодействие изобутана с пропиленом или бутиленами. Изоалканы и алкены образуются в других процессах переработки нефти — изомеризации и каталитического крекинга. Образующаяся сложная смесь состоит из разветвленных алканов с высокими октановыми числами и является прекрасным горючим для двигателей внутреннего сгорания:



Каталитический риформинг — получение ароматических соединений из циклоалканов и n-алканов путем дегидрирования и дегидроизомеризации:

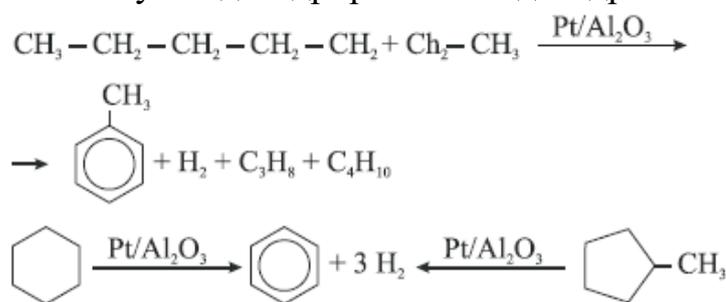


Рис. 6.1. Некоторые химические вещества, получаемые из углеводородов нефти

Увеличение содержания ароматических углеводородов также повышает качество потенциальных топлив.

Очевидно, что использование описанных выше каталитических процессов переработки входящих в состав нефти алканов позволяет значительно расширить ресурсы моторных топлив и обеспечить растущие потребности человечества.

Помимо использования в качестве топлива, нефть служит источником сырья для нефтехимической промышленности, обеспечивая тем самым человечество не только энергией, но и новыми материалами, которые по качеству иногда превосходят традиционные, например полимеры. Некоторые химические соединения, которые получают из углеводородов нефти, представлены на рис.3.6.

Однако для нефтехимической промышленности углеводороды нефти необходимо получать не в виде смеси соединений, а индивидуальных веществ. Это требует дополнительных усилий для выделения чистых соединений или поиска новых селективных катализаторов.

6.2.1. Нефть как загрязнитель природной среды

Углеводороды, находящиеся в составе нефти и газа в месторождениях, практически безвредны для окружающей среды. Однако, попадая в атмосферу, почву, воду при использовании их человеком, нефть и нефтепродукты становятся загрязнителями.

Будучи огне- и взрывоопасными веществами, легкокипящие углеводороды при попадании в атмосферу в больших количествах могут от случайного источника огня воспламениться со взрывом, становясь виновниками пожаров и катастроф. Свидетельство тому — потрясающая всех катастрофа на железной дороге в Башкирии летом 1989 г., когда два пассажирских поезда потерпели крушение в результате мощного взрыва нефтепродуктов, которые попали в окружающую среду из-за аварии на нефтепроводе "Нижневартовск—Нефтекамск". Перекачка продукта осуществлялась в режиме 35—38 атм., при этом свойства его таковы, что при вытекании тяжелые фракции остаются жидкими, а легкие при испарении образуют с воздухом смеси, взрывающиеся от малейшей искры.

Опасность представляет не только попадание больших количеств углеводородов в атмосферу. Серьезную угрозу для биосферы представляет и загрязнение нефтью почвы и особенно воды. Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязнителями воды в промышленно развитых странах. Именно нефть является глобальным загрязнителем Мирового океана. Ежегодно около 10 млн т ее попадает в океан в результате аварий при перевозке или добыче с плавучих или стационарных буровых, работающих на прибрежном шельфе, стоков с материков, слива вод за борт и т.д. Так в 1984 г.

количество нефти, попавшей в море при транспортировке от утечек, кораблекрушений и пожаров, достигло максимального уровня — 912 млн л. Затем это число стало понемногу снижаться вследствие уменьшения перевозок ее из-за снижения спроса и соблюдения большей осторожности.

Так как нефть легче воды, то при попадании в водоем она растекается, при этом 50—75% ее испаряется с поверхности, а до 5% (в основном наиболее токсичные ароматические углеводороды) растворяется. Тяжелые фракции нефти с температурой кипения выше 370°C остаются на поверхности и, постепенно уплотняясь, со временем оседают на дно. По наблюдениям со спутников, нефтяная пленка покрывает до 10—15% поверхности Мирового океана или 36—54 млн км². Эта пленка, будучи достаточно устойчивой, нарушает водо- и газообмен между океаном и атмосферой, угнетает процессы фотосинтеза, изменяет световой и температурный режим у поверхности воды. Интенсивность света под слоем нефти убывает до 90%, испарение воды уменьшается на 60%. Одна тонна пролитой нефти может загрязнить около 12 км² поверхности океана и погубить в нем все живое. Если загрязнение океана будет продолжаться, то это повлияет на биогеохимические циклы кислорода, диоксида углерода и воды.

Многие ароматические соединения, находящиеся в пленке, в морской воде превращаются в ядовитые вещества, обладающие канцерогенными свойствами. Так, под действием некоторых морских растений из ароматических углеводородов нефти образуются конденсированные полициклические соединения ряда бензо(а)пирена, накапливающиеся в морских водорослях и травах.

Все это отрицательно сказывается на биоте океана. Так, с 1978 г. ученые ведут наблюдения за двумя заливами у полуострова Бретань, где потерпел аварию супертанкер, и в море попало огромное количество нефтепродуктов. Оказалось, что уже вскоре после катастрофы у местных популяций рыб начали наблюдаться аномалии в развитии: воспаление покровных тканей, нарушение роста, способности к размножению. В донных осадках этих заливов содержание полициклических ароматических углеводородов было увеличено в 100—200 раз.

Сокращение площадей, покрытых нефтяной пленкой, происходит за счет испарения, эмульгирования, микробиологического и химического окисления. При достаточном содержании кислорода и температуре выше 15°C за период с апреля по август содержание нефтепродуктов в водах внутреннего моря уменьшается на 80 %. Очевидно, это свидетельствует о больших способностях морей и океанов к самоочищению, но и эти возможности не безграничны.

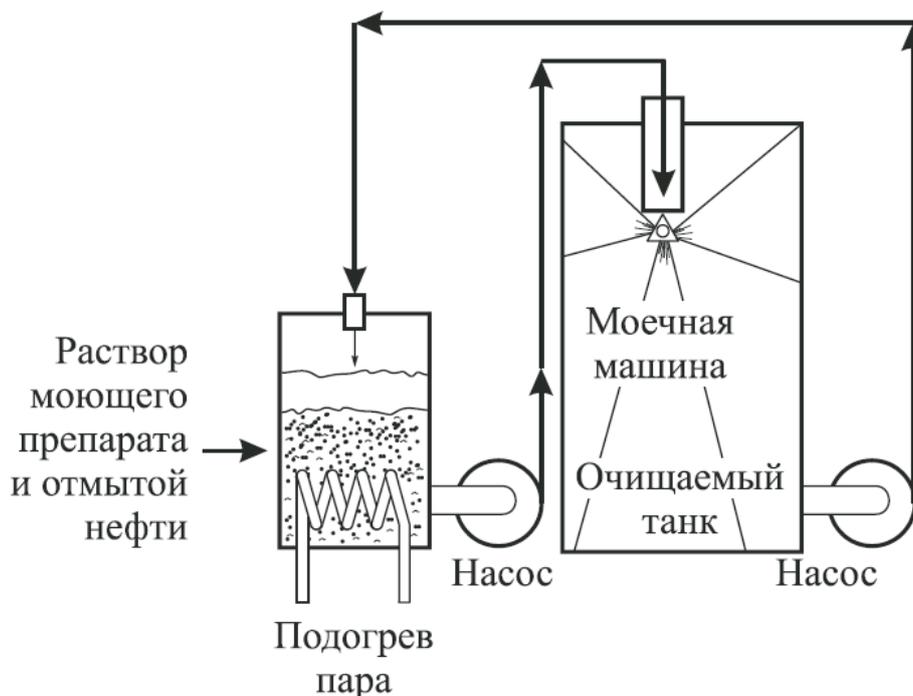


Рис. 6.2. Схема очистки нефтеналивных танков

В недалеком прошлом даже при безаварийной перевозке нефти танкерами тонны нефти выливали в океан во время их отмывки. Дело в том, что после выгрузки на стенках танков остается еще 1,5 % нефти от общего объема груза. Эти остатки смывали подогретой морской водой, которую сливали в океан. В результате таких сливов сброс нефти в океан ежегодно составлял 4 млн т. В настоящее время используют усовершенствованные способы отмывки по замкнутому циклу с помощью плавающих зачистных станций. При этом водонефтяная эмульсия не сбрасывается, а разделяется и вода снова подается на мойку (рис.6.2).

Для отмывки используют подогрев воды, на что расходуют часть извлекаемой нефти. Интенсифицировать процесс мойки удалось благодаря применению поверхностно-активных веществ, намного ускоряющих мойку.

Двадцать зачистных станций, работающих в портах, способны не только утилизировать более 60 000 т нефти в год, но и предотвратить ее сброс в море.

6.3. Высокомолекулярные соединения

Человеческое общество по мере своего развития входит во все большую зависимость от сырьевых ресурсов окружающей природной среды. Масштабы потребления некоторых веществ минерального происхождения уже в недалеком будущем могут превысить естественные возможности природы. Кроме того, с развитием новых отраслей промышленности все чаще возникает потребность в материалах с таким комплексом свойств, сочетания которых невозможно достигнуть на базе известных веществ. Природные и получаемые при их переработке материалы все меньше удовлетворяют запросы новой техники.

Совершенно новые перспективы в плане создания материалов с заданными свойствами открывает химия полимеров. В настоящее время трудно найти область, где бы не применялись полимеры. Из высокомолекулярных соединений получены материалы с малой плотностью, высокой прочностью, устойчивостью к агрессивным средам, простотой переработки в изделия.

Основную массу используемых полимеров (около 2/3) составляют полученные более полувека назад полиэтилен, полипропилен, полистирол. Области использования этих полимеров весьма разнообразны — машиностроение, электротехника, транспорт, медицина, строительство, текстильная промышленность, товары бытового назначения и пр. По прогнозам полиолефинов и в будущем будут играть решающую роль. Этим материалам отдается предпочтение в связи с их дешевизной и легкостью переработки. Замена традиционных материалов новыми не должна восприниматься как подделка чего-то искусственного "под натуральное", хорошее, но имеющееся в недостаточном количестве. Напротив, новые материалы зачастую оказываются лучше старых, надежнее, долговечнее. Например, стальная труба может выйти из строя через 3—5 лет, а в особо жестких условиях эксплуатации — 1,5—2 года, в то время пластмассовые трубы служат 20—30 лет. На смену природному созданы разнообразные синтетические каучуки, обладающие совершенно уникальными свойствами. Так, силиконовый каучук, будучи физиологически совершенно безвредным, сохраняет свои свойства в широком интервале температур от -55°C до 180°C . Расширилась и область применения каучуков: от традиционных резино-технических изделий — до искусственного сердца.

Таким образом, сегодня в нашем распоряжении имеется широкая палитра полимеров, которые продолжают завоевывать мир. Однако при использовании полимерных материалов следует учитывать несколько весьма важных обстоятельств. По своему качественному составу большинство полимеров относятся к органическим соединениям, содержащим значительное количество углерода и водорода, поэтому они горючи. Термическое разложение при горении полимеров часто сопровождается выделением большого количества токсичных газообразных соединений, таких, как CO , HCN , CH_2O , HCl и др. Именно этим обусловлены тяжелые последствия при пожарах на судах, в общественных зданиях и производственных помещениях, где используется значительное количество полимеров в качестве конструкционных и облицовочных материалов. Выделение этих же газов происходит и при сжигании полимерных материалов на свалках, поэтому находиться вблизи таких мест небезопасно для здоровья. По неопытности некоторые люди могут подбросить в костер ненужные изделия из полимеров. Такой костер также становится источником ядовитых газов. Так, при горении поливинилхлорида или других хлорсодержащих высокомолекулярных веществ кроме HCl выделяются **диоксины** — соединения, известные своей канцерогенностью.

Ученые установили, что час пребывания у подобных костров по ущербу для организма равнозначно пятичасовому пребыванию на городской автомагистрали.

Предпринимаются усилия по снижению горючести полимерных материалов, используемых в ряде отраслей, — строительстве, электротехнике и др. Один из путей — прибавление к полимерам специальных веществ — антипиренов. Так, снижение горючести полиэтилена достигается прибавлением декабромдифенилоксида и оксида сурьмы Sb_2O_3 . Для этой же цели используют гидроксид алюминия, соединения бора, некоторые эфиры фосфорных кислот и др. Полимерные материалы с антипиренами находят все более широкое применение.

Важной экологической проблемой, связанной с внедрением полимерных материалов, является скопление твердых отходов, среди которых значительную часть составляют изделия из пластмасс, обладающих чрезвычайно высокой устойчивостью. В нашей стране, например, количество полимерных отходов сопоставимо с ежегодным объемом выпуска пластмасс. Только ничтожная часть этих синтетических и природных полимеров, аккумулирующих большое количество затраченной на их изготовление энергии, поступает на переработку. Остальное сжигают, закапывают, бросают. А ведь ликвидация этих отходов сжиганием, как следует из вышесказанного, небезопасна для окружающей среды, да и не всегда возможна.

Среди полимеров есть и такие вещества, для которых в природе нет микроорганизмов, способных разрушать их. Результатом этого является накопление неразлагаемых веществ, некоторые из них со временем могут давать токсичные продукты или неразлагающиеся мутагенные вещества. Часть таких отходов сбрасывают в Мировой океан. Так, по данным Американского Бюро технологической оценки, в океан ежегодно сбрасывается 233 млн штук пластиковых емкостей и около 26 тыс. т упаковочных материалов. Последствия этого — запутавшиеся в пластиковых сетях тюлени, задохнувшиеся в обрывках упаковки черепахи. Около миллиона морских птиц и сотни тысяч тюленей и китообразных погибают ежегодно подобным образом. В масштабах планеты «пластиковая чума» представляет более серьезную опасность для морских животных и птиц, чем загрязнение моря нефтью или химическими веществами. Осознание этого явилось причиной заключения Международного соглашения, запрещающего сброс пластмассового мусора с кораблей. Это соглашение вступило в силу в начале 1989 г.

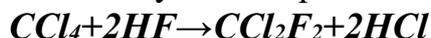
С отходами полимерных материалов природа зачастую не может справиться, и химия может придти ей на помощь. Так, например, создаются полимерные материалы со специальными добавками. Отслужив свой век, эти материалы легко деструктируют под действием света, тепла или специальных бактерий. По сообщениям печати известно, что канадская фирма "Экопластик" приступила к изготовлению упаковочного материала, который через два месяца под действием солнечных лучей разлагается. Однако пока еще стоимость

производства такого материала на 5—10 % выше обычного и не все готовы идти на затраты, с которыми связан переход к новым технологиям и материалам. Но экологическое производство со временем, несомненно, должно стать и экономически выгодным.

6.4. Фреоны и галоны в атмосфере планеты

В своей хозяйственной деятельности человечество использует насыщенные газообразные или жидкие фторуглеводороды или полифторуглеводороды, часто содержащие атомы хлора (**фреоны**) и брома (**галоны**). Наиболее распространенные фреоны и галоны: CFCl — фреон 11, CF_2Cl_2 — фреон 12, CHClF_2 — фреон 22, $\text{CF}_2\text{ClCFCl}_2$ — фреон 113, CF_2ClBr — галон 1211, CF_3Br — галон 1301. Все эти вещества в природе естественным путем не образуются (исключение составляет фреон 11, небольшие количества которого обнаружены в газовых выбросах вулканов на Курильских островах) и, следовательно, появление их в атмосфере обусловлено антропогенным вкладом. Фреоны характеризуются уникальным набором свойств, которые обеспечили им широкое использование в промышленности. Эти вещества имеют низкие температуры кипения, не ядовиты, не горючи, взрывобезопасны, химически инертны. Они не действуют на широко используемые конструкционные материалы, а в малых дозах безвредны для людей. Однако при высоких концентрациях некоторые фреоны обладают наркотическим (фреон 12), а иногда удушающим действием (фреон 142, фреон 22).

Интенсивное применение фреонов началось в 50-е годы XX века. Их получают реакцией хлорированных углеводородов с SbF_5 , HF или KF :



Фреоны являются распространенными хладагентами в холодильниках и кондиционерах, используются как носители активных химикатов (пропелленты) в аэрозольных баллончиках, получивших широкое распространение в быту. В такой удобной для дозировки упаковке выпускают множество продуктов — лекарства, краски, косметические средства, моющие препараты, инсектициды и др. При получении пенопластов фреоны применяют для формирования полостей и пузырьков. Ряд фреонов используют как компоненты огнетушащих составов в системах автоматического пожаротушения, например фреон 13В1. Некоторые фреоны являются незаменимыми растворителями, например трихлортрифторэтан $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$.

Однако эти, казалось бы, безвредные, соединения могут представлять серьезную угрозу для биосферы в целом. Установлено, что фреоны, будучи химически инертными соединениями, при попадании в тропосферу не разрушаются в ней. Например, время удаления фреонов из океана, обусловленное гидролизом или микробиологическим разрушением после перехода поверхности газ-жидкость, составляет для фреона 11 — 70 лет, фреона 12 — 200 лет.

Сами по себе фреоны не представляют опасности для озонового слоя, так как эти вещества инертны по отношению к озону. Однако специальные наблюдения с помощью воздушных шаров показали, что свободно мигрирующие в тропосфере без больших потерь фреоны и галоны в стратосфере на уровне более 20 км подвергаются фотохимическому распаду с образованием радикалов $Cl\cdot$, $Br\cdot$, $ClO\cdot$.

В разрушении фреонов, кроме УФ-излучения Солнца, участвует также атомарный кислород в возбужденном состоянии, образующийся при фотолизе озона. По механизму действия на озоносферу к фреонам близки и некоторые органические растворители, например тетрахлорметан CCl_4 или трихлорэтан CH_2ClCH_2Cl .

Галогензамещенные углеводороды, содержащие атомы водорода (CH_2ClCH_2Cl , $CHClF_2$ и др.), окисляются и гидроксильным радикалом $HO\cdot$ и поэтому имеют более короткое время жизни в атмосфере. Это время определяется как отношение содержания данного вещества в определенном объеме к интенсивности его уменьшения в этом объеме. Среднее время жизни составляет для фреона 11 и 12 около 80 лет, CCl_4 — 50 лет, CH_2ClCH_2Cl — около 10 лет. Очевидно, что даже при гипотетически полном прекращении всех выбросов фреонов в атмосферу их содержание будет достаточно высоким. При сохранении же современной скорости уменьшения выброса галогенсодержащих углеводородов (на 10% в год) к середине XXI в. содержание активных соединений хлора и брома в атмосфере увеличится в 10 раз и более по сравнению с уровнем 50-х гг. прошлого века, т. е. до начала промышленного производства фреонов.

Осознание этой опасности побудило ряд государств значительно сократить или вовсе прекратить производство и применение фреонов. Так, в качестве пропеллентов для аэрозолей начали использовать пропан, который хотя и горюч, но дешевле фреонов и не опасен по своим отдаленным последствиям. Для холодильников предложены менее летучие фторхлорпроизводные углеводороды, например фреон 113 ($t_{кип}=47,7^\circ C$) вместо фреона 12 ($t_{кип} = 29,8^\circ C$). Таким образом, человечество уже делает первые конкретные шаги для сохранения озонового слоя планеты.

6.5. Хлорароматические соединения как глобальные загрязнители

Химическая устойчивость ароматических углеводородов и их высокая токсичность обуславливают повышенную опасность этих веществ при попадании их в окружающую среду. В природе имеются микроорганизмы, способные разрушать ароматические ядра до соединений, которые, включаясь в природный круговорот, в конечном итоге превращаются в CO_2 и H_2O . Однако микробиологическому разрушению подвергаются кольца, содержащие по крайней мере 2 гидроксильных заместителя в орто- или пара-положениях. Другие ароматические углеводороды устойчивы к окислению, опасность при попадании в природную среду резко возрастает из-за их способности

накапливаться в живых организмах. К таким веществам относятся **бензол, трет-бутилбензол, конденсированные ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, дибензо-*n*-диоксины и дибензофураны.** Так, известно, что даже первый представитель ароматических углеводородов — бензол представляет опасность для человека. Продолжительное вдыхание даже небольших количеств паров бензола вызывает хроническое отравление, утомляемость, головные боли, сонливость, нарушение кровообращения и нормального состава крови. Функциональные производные бензола также опасны для живых организмов. Например, фенол является нервным ядом, обладает прижигающим и раздражающим действием. Фенол легко всасывается через кожу, при длительном воздействии на кожу опасны даже 2—3 % растворы фенолов и особенно его пары. Однако приоритетными загрязнителями окружающей среды в настоящее время являются **хлорароматические соединения.** Это обусловлено широким использованием в сельском хозяйстве таких средств защиты растений от вредителей и болезней, как ДДТ, линдан, полихлорированные полициклические диены и их производные, гербициды на основе хлорфеноксикарбоновых кислот (рис.6.3).

Источником хлорзамещенных ароматических углеводородов являются также антисептики на основе пентахлорфенола, полихлорированные бифенилы и полихлорнафталины, применяемые в качестве негорючих изоляционных жидкостей в трансформаторах, пластификаторов пластмасс, лаков и лакокрасочных материалов. Эти соединения используются также в качестве материалов-носителей, растворителей пестицидов.

Хлорароматические соединения обладают рядом общих свойств, которые выделяют их среди других органических загрязнителей: острым токсическим действием на человека и животных, устойчивостью к разложению при попадании в почву, воду, воздух и способностью мигрирования в них. Эти соединения могут накапливаться, а также образовывать еще более токсичные метаболиты в органах и тканях живых организмов. Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} и др.

По масштабам производства и использования в сельском хозяйстве первое место среди других пестицидов вплоть до 80-х гг. XX века занимали ДДТ и линдан. Следствием этого стало повсеместное загрязнение всех объектов окружающей среды хлорароматическими соединениями и остаточными продуктами их распада. Примечателен тот факт, что даже в снежном покрове Антарктиды к настоящему времени накопилось более 3000 т ДДТ.

Установлено, что ДДТ вредно действует на все организмы, включая водоросли. Уже при содержании его несколько частей на миллиард падает скорость фотосинтеза, процесса, который является основным поставщиком кислорода в атмосферу. Далее выяснилось, что ДДТ, как и многие другие пестициды, обладает кумулятивным эффектом, вызывает тяжелые последствия — от токсических до мутагенных. Благодаря устойчивости ДДТ, он накапливается и передается по пищевым цепям — от растений к травоядным

животным, от них к хищникам, при этом в каждом последующем звене трофической цепи содержание ДДТ увеличивается в 10 раз.

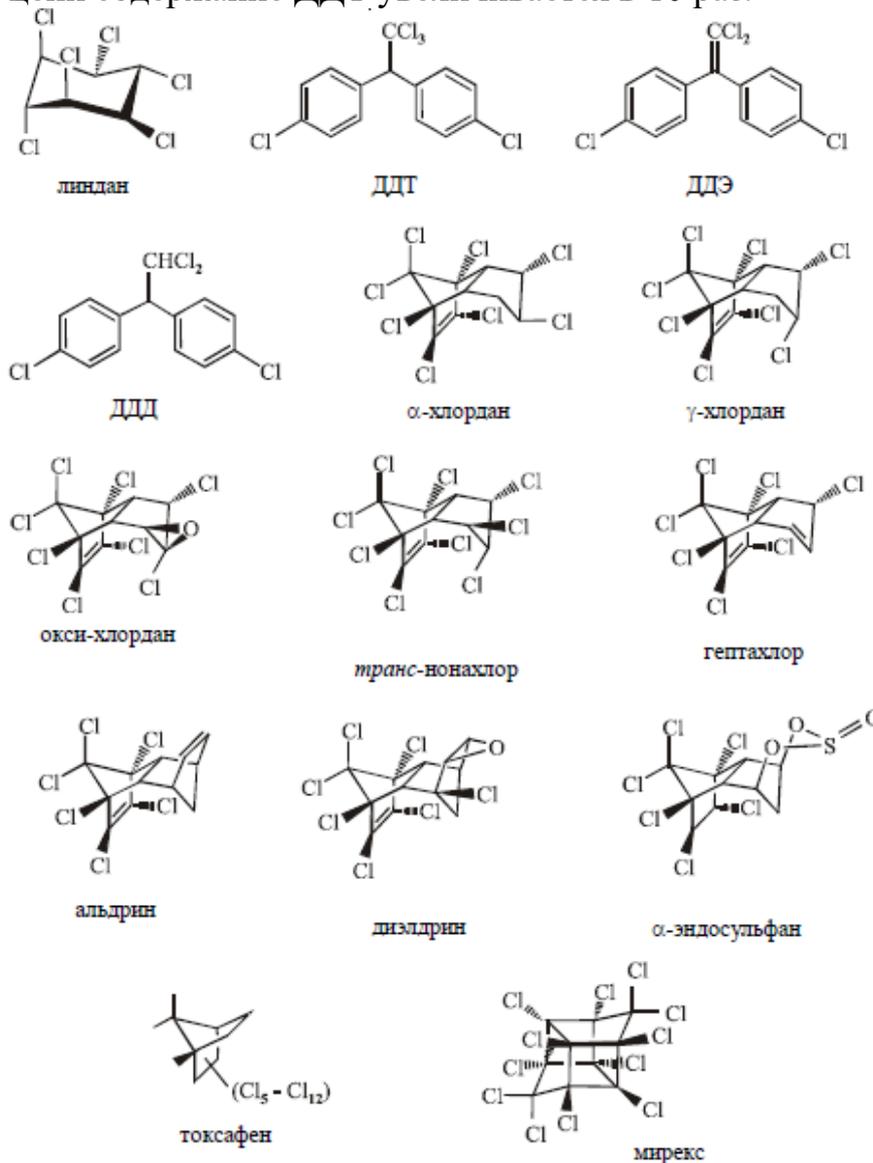


Рис.6.3. Полихлорированные пестициды

В результате накопления препарата его концентрация в организме, который никогда не соприкасался с ядом, может достигнуть смертельных доз. Когда в США обнаружили, что в молоке кормящих матерей (94% всех обследованных женщин) концентрация ДДТ превышает в 4 раза предельно допустимую дозу, применение его было запрещено. В 1970 г. применение ДДТ запретили и в СССР. Однако в результате неограниченного применения в прошлом, а также из-за роста их использования в странах Латинской Америки, Африки и Азии сегодня на Земле в биологическом круговороте находится около миллиона тонн этого препарата силу чрезвычайно малой скорости его разложения (10 лет).

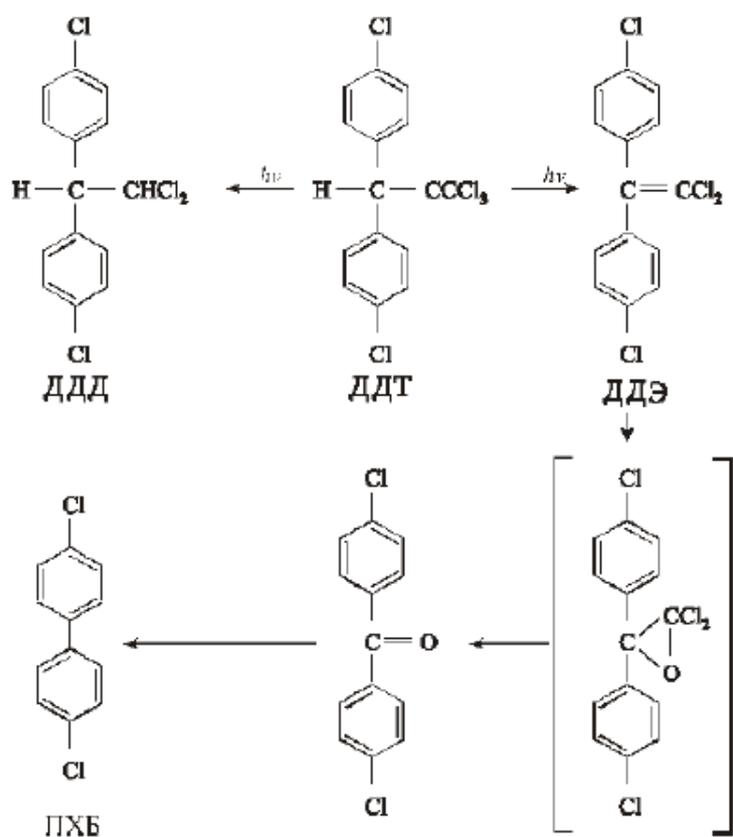


Рис.6.4. Превращения ДДТ под действием света

Разрушение полихлорированных соединений в различных объектах окружающей среды происходит по существенно разным механизмам. В донных отложениях и почвах преимущественно происходит их микробиологическое разложение, в котором принимают участие как бактерии (*Pseudomonas sp.*, *Sarcina sp.* и др.) так и грибы (например, рода *Fusarium*) и дрожжи. В атмосфере происходит абиотическая деструкция под действием света. Установлено, что линдан при облучении солнечным светом изомеризуется в менее токсичный - гексахлорциклогексан. Фотохимические превращения ДДТ в качестве первых стадий включают реакции восстановительного дехлорирования или дегидрохлорирования, приводящее к ДДЭ или ДДД (рис.6.4).

Таким образом, в природной среде ДДТ способен превращаться в еще более опасные соединения.

В водных экосистемах происходит сорбция хлорорганических экотоксикантов взвесьями, их осаждение и захоронение в донных отложениях. В значительной степени перенос хлорорганических соединений в донные отложения происходит за счет биосендimentации – отложения в составе взвешенного органического материала. Особенно высокие концентрации хлорароматических соединений наблюдаются в донных отложениях морей вблизи крупных портов. Например, в западной части Балтийского моря вблизи порта Гётеборг в осадках обнаруживалось до 600 мкг/кг ДДТ.

К сожалению, токсическое и мутагенное действие на организм человека свойственно не только ДДТ и ДДЭ, но и многим другим пестицидам.

Еще более опасны по своим отдаленным последствиям по сравнению с хлорированными ароматическими углеводородами полихлорированные

полициклические соединения типа **полихлордibenзо-*n*-диоксинов** и **полихлордibenзофуранов**. Эти соединения не относятся к числу целевых продуктов синтеза, а образуются в виде примесей в различных технологических процессах и при горении некоторых материалов. В последние годы было установлено, что эти вещества присутствовали в окружающей среде всегда, поскольку в небольших количествах образуются при горении древесины.

Основными антропогенными источниками этих соединений являются:

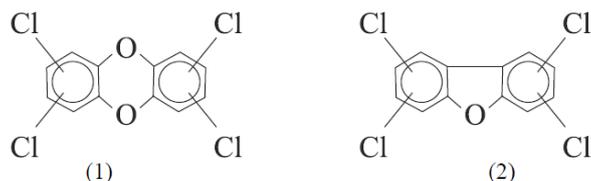
-загрязненные продукты химической промышленности, например хлорированные фенолы;

-предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, использующие для отбеливания хлор;

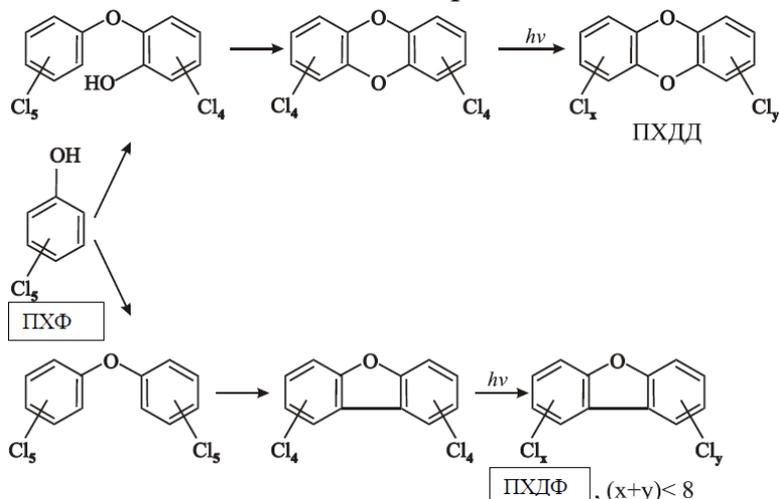
-предприятия по сжиганию бытовых и промышленных отходов, а также осадков сточных вод;

-автомобильный транспорт, использующий этилированный бензин с добавками галогенуглеводородов.

Известно, 75 изомерных дibenзо-*n*-диоксинов и 135 дibenзофуранов, содержащих от 1 до 8 атомов хлора в различных положениях и отличающихся друг от друга своими свойствами и токсичностью. Наиболее токсичными являются 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*n*-диоксин (1) и 2,3,7,8-тетрахлордibenзофуран (2).



В условиях окружающей среды октахлордibenзо-*n*-диоксин и октахлордibenзофуран подвергаются дехлорированию, превращаясь в более токсичные соединения с числом атомов хлора менее восьми:



Эти вещества обладают чрезвычайно высокой биологической активностью и высокой химической стабильностью в природе и живых организмах, свободно переносятся по цепям питания. **Даже в ничтожных концентрациях эти соединения подавляют иммунную систему организмов, повышают тем самым чувствительность к инфекционным заболеваниям, особенно**

вирусным, снижают умственную и физическую работоспособность. При содержании несколько частей на триллион эти примеси оказывают мутагенное и канцерогенное воздействие, поражают нервную систему, нарушают детородные функции.

Наибольшую известность **проблема диоксинов** получила в результате массовых поражений населения, животных и растений в Южном Вьетнаме, где с 1961 по 1971 гг. армией США было применено около 100 тыс. т гербицидов и дефолиантов, половину из которых составлял 2,4,5-Т, содержащий в своем составе до 100 частей на 1 млн 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*p*-диоксиана. Позже было установлено, что хлорированные диоксины образуются также на целлюлозных заводах при отбеливании пульпы хлором, в воде при ее хлорировании с целью обеззараживания. Диоксины выделяются также при неконтролируемом сжигании отходов, содержащих поливинилхлорид или не содержащих хлор органических веществ в присутствии доноров хлора.

Таким образом, несмотря на прекращение производства и запрещение применения хлорароматических соединений, опасность загрязнения ими окружающей среды продолжает существовать и в последнее время приобретает новые аспекты.

6.6. Бензапирен

Среди органических веществ, загрязняющих атмосферу, почвы и природные воды, особое место занимают полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Эти соединения относятся к суперэтокотоксикантам 1-го класса опасности, поскольку многие из них, обладают мутагенными и канцерогенными свойствами и способны к накоплению в природных объектах.

Это группа органических соединений, в химической структуре которых присутствуют бензольные кольца — группы от трех колец и больше. Химическое определение бенз(а)пирена: органическое вещество, содержащее углерод, входящее в группу полициклических углеводородов, с молярной массой 252,31 г/моль, химическая формула $C_{20}H_{12}$.

Бензапирен практически не встречается в свободном состоянии, а всегда осаждается на частицах, содержащихся в воздухе. Вместе с передвигающимися массами воздуха бенз(а)пирен разносится по большой площади, а выпадая вместе с твердыми частицами из воздуха (например, при осадках) попадает в почвенные слои, водоемы, на поверхности строений.

В миграции и накоплении бенз(а)пирена играет роль и такой его источник, как автомобильный транспорт. С одной стороны, передвигаясь на большие расстояния, автомобили способствуют равномерному разнесу бенз(а)пирена. С другой стороны, осевший бенз(а)пирен в больших количествах скапливается вдоль автомобильных дорог и на объектах рядом с ними (так называемые «вторичные источники»).

Бенз(а)пирен легко «включается» в круговорот веществ в природе: с атмосферными осадками, всегда содержащими твердые частички, он заносится даже на территории, удаленные от основного источника ПАУ, попадает в

водоемы, откуда, при процессах испарения, вновь поднимается в воздух. Именно такая способность бенз(а)пирена мигрировать приводит к тому, что его содержание может быть высоким в местах, где нет мощного источника этого вещества.

Попадая в окружающую среду и накапливаясь в ней, бенз(а)пирен проникает в растения, которые в дальнейшем служат кормом для скота или используются в питании человека. Концентрация бенз(а)пирена в растениях выше, чем его содержание в почве, а в продуктах питания (или кормах) выше, чем в исходном сырье для их изготовления. Этот эффект наращивания концентрации химических веществ, в том числе бенз(а)пирена, получил название биоаккумуляции.

Таким образом, бензапирен представляет опасность не только как фоновое загрязнение окружающей среды, но и как вещество, проникающее в организм по пищевой цепочке.

Бенз(а)пирен, как и все ПАУ — главным образом результат технического прогресса, следствие деятельности человека.

В атмосфере ПАУ преимущественно сорбированы на твердых частицах аэрозоля. Размеры частиц в значительной степени определяют дальнейшее поведение ПАУ, их осаждение из атмосферного воздуха и перенос воздушными массами в направлении доминирующих ветров. Выпадение ПАУ при сухом осаждении, с атмосферными осадками приводит к накоплению их в почвах и поверхностных водах. Из сотен ПАУ различного строения, обнаруженных в объектах окружающей среды, для постоянного контроля выбран узкий ряд приоритетных соединений. В России это лишь один - бенз(а)пирен.

Бенз(а)пирен отнесен к веществам первого класса опасности. Первый класс опасности — это вещества с чрезвычайно высоким опасным воздействием на окружающую среду, при этом изменения, вызываемые ими, необратимы и восстановлению не подлежат.

Бенз(а)пирен является наиболее типичным химическим канцерогеном окружающей среды. Канцерогенные вещества (в частности, бенз(а)пирен) чрезвычайно опасны для человека даже при их малой концентрации, поскольку обладают свойством аккумулироваться в организме до критических концентраций (биоаккумуляция). Бенз(а)пирен оказывает также мутагенное действие.

Антропогенные источники бенз(а)пирена могут быть стационарными (промышленные предприятия, ТЭЦ, крупные и мелкие отопительные системы), загрязняющими атмосферу в относительно ограниченных районах, и передвижными (транспорт), выбросы которых распространяются на значительно большие пространства. Одним из широко распространённых источников бенз(а)пирена является процесс горения практически всех видов горючих материалов. Бенз(а)пирен присутствует в дымовых газах, копоти и саже, оседающих в дымоходах и на поверхностях, имевших контакт с дымом, точнее в смолистых веществах, содержащихся в продуктах сгорания. Бенз(а)пирен находят и в местах стихийно возникающих лесных пожаров, он появляется в атмосфере также в результате извержения вулканов. Однако, следует уяснить, что собственно процесс горения (т.е. окисление углерода) не обязателен для возникновения бенз(а)пирена. Он образуется в результате протекания процессов полимеризации

относительно простых по структуре осколков молекул (в основном свободно радикального характера), которые образуются из исходного топлива вследствие действия высоких температур, при неблагоприятных условиях горения. Одним из наиболее распространённых источников образования бенз(а)пирена является также пиролиз.

В молекулярно-дисперсном состоянии бенз(а)пирен может находиться лишь в ничтожно малых количествах. В воздухе он преимущественно связан с твердыми частицами атмосферной пыли. Твердые частицы, содержащие бенз(а)пирен, довольно быстро выпадают из воздуха вследствие седиментации (разрушение коллоида и выпадение осадка), а также с атмосферными осадками и переходят в почву, растения, почвенные воды и водоёмы. Это обуславливает довольно большую изменчивость концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе, которая зависит не только от интенсивности выброса его из источника загрязнения, но и от метеорологических условий. Будучи химически сравнительно устойчивым, бенз(а)пирен может долго мигрировать из одних объектов в другие. В результате многие объекты и процессы окружающей среды, сами, не обладающие способностью синтезировать бенз(а)пирен, становятся его вторичными источниками.

Пути проникновения бензапирена в организм разнообразны: с пищей и водой, через кожу и путем вдыхания. Степень опасности находится вне зависимости от того, каким путем произошло попадание бензапирена в организм. В экспериментах, а также по данным мониторинга экологически неблагоприятных районов, бензапирен внедряется в комплекс ДНК, вызывая необратимые мутации, которые переходят в последующие поколения. Особую тревожность вызывает факт биоаккумуляции бензапирена: вероятность развития мутаций у ближайших поколений потомства возрастает из-за биоаккумуляции во много раз.

Международная группа экспертов отнесла бенз(а)пирен к числу агентов, для которых имеются ограниченные доказательства их канцерогенного действия на людей и достоверные доказательства их канцерогенного действия на животных. В экспериментальных исследованиях бенз(а)пирен был испытан на девяти видах животных, включая обезьян. В организм бенз(а)пирен может поступать через кожу, органы дыхания, пищеварительный тракт и трансплацентарным путём. При всех этих способах воздействия удавалось вызвать злокачественные опухоли у животных.

Почвы и грунты на территориях, прилегающих к автомагистралям, испытывают регулярное химическое загрязнение тяжелыми металлами, нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), которые содержатся, главным образом, в газопылевых выбросах автотранспорта. Ситуация усугубляется тем, что дорожные проезды за пределами боковых примагистральных газонов активно используются в качестве парковок автомобилей, часто кратковременных. Как известно, выхлопные газы прогревающегося двигателя автомобиля более обогащены токсичными веществами, особенно ПАУ (в том числе 3,4-бенз(а)пиреном). Поэтому уровень химического загрязнения этих участков довольно высок.

Обязательные требования к содержанию бенз(а)пирена

- Атмосферный воздух населенных мест (городских и сельских поселений): Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) бенз(а)пирена не более 0,1 мкг / 100 куб.м. (ГН 2.1.6. 1338-03);
- Воздух рабочей зоны (на рабочих местах независимо от их расположения - в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т.п.): Среднесменная предельно допустимая концентрация (ПДК) бенз(а)пирена в воздухе рабочей зоны не более 0,00015 мг / куб.м. (из п.1. и п.2. ГН 2.2.5. 1313-03);
- Предельно допустимая концентрация (ПДК) бенз(а)пирена (с учетом фона) в почве (населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, зон санитарной охраны источников водоснабжения, территории курортных зон и отдельных учреждений, разного характера землепользования): не более 0,02 мг / кг;
- Вода водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: предельно допустимая концентрация (ПДК) бенз(а)пирена не более 0,000001 мг/л. (из п.2. ГН 2.1.5. 1315-03);
- Вода подземных источников (открытых для общего пользования или находящихся в индивидуальном пользовании, шахтные и трубчатые колодцы, каптажи родников), используемая для питьевых и хозяйственных нужд населения при нецентрализованном водоснабжении (забираемая с помощью различных сооружений и устройств, без подачи ее к месту расходования) не более 0,000001 мг/л.
- В зависимости от местных природных и санитарных условий перечень контролируемых химических показателей качества и безопасности воды устанавливается постановлением Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории. В данном случае ПДК бенз(а)пирена устанавливается Главным государственным санитарным врачом по соответствующей территории как дополнительный химический показатель качества и безопасности. (из п.1.3., п.4.1. и п.4.2. СанПиН 2.1.4. 1175-02);
- Питьевая вода централизованных систем питьевого водоснабжения: предельно допустимая концентрация (ПДК) бенз(а)пирена не более 0,000005 мг / л (из п.1.2.2.2. СанПиН 2.1.4.1074-01);
- Вода, расфасованная в емкости (питьевая вода бутылированная). Критерий безвредности химического состава по содержанию бенз(а)пирена (из табл.2. п. II.д. СанПиН 2.1.4. 1116-02);
- Высшая категория - вода безопасная для здоровья и оптимальная по качеству (из самостоятельных. как правило подземных, предпочтительно родниковых или артезианских водоисточников, надежно защищенных от биологического и химического загрязнения - не более 0,001 мкг / л;
- Первая категория - вода питьевого качества (независимо от источника ее получения) безопасная для здоровья - не более 0,005 мкг / л;
- Пищевые продукты (в зерне, в копченых мясных и рыбных продуктах контролируются допустимые уровни бенз(а)пирена) не более 0,001 мг/ кг;

- Колбасные изделия, продукты из мяса всех видов убойных животных, кулинарные изделия из мяса (для копченых продуктов).
- Продукты мясные с использованием субпродуктов (паштеты, ливерные колбасы, зельцы, студни и др.) и крови. Изделия вареные с использованием субпродуктов, крови, колбасы, заливные (хлебы, колбасы, студни, ливерные колбасы, заливные блюда).
- Колбасные изделия, копчености, кулинарные изделия с использованием мяса птицы (для копченых продуктов).
- Мясопродукты с использованием субпродуктов птицы, шкурки (паштеты, ливерные колбасы и др.).
- Консервы и пресервы рыбные (для копченых продуктов).
- Рыба копченая.
- Зерно продовольственное, в т.ч. пшеница, рожь, овес, ячмень, просо, гречиха, рис, кукуруза.
- Шпик копченый.
- По показателям безопасности ароматизаторы должны соответствовать следующим требованиям- в коптильных ароматизаторах содержание бенз(а)пирена не должно превышать 2 мкг/кг(л), вклад коптильных ароматизаторов в содержание бенз(а)пирена в пищевых продуктах не должен превышать 0,03 мкг/кг(л);
- В других продуктах содержание банз(а)пирена не допускается.
- Не допускается присутствие бенз(а)пирена в продуктах детского и диетического питания.

Для меня стало открытием, что бензапирен может содержаться и в шоколадных конфетах.

В шоколадках этот канцероген может «завестись», благодаря от души обжаренным какао-бобам, а также жареным орешкам, начинке. И теоретически может быть обнаружен не только в украинских шоколадках и конфетах, но и в любых других.

Воздействие бенз(а)пирена табачного дыма на молекулу ДНК.

В составе смолы табачного дыма так же содержится бенз(а)пирен, оказывающий мощное воздействие на молекулу ДНК.

Рассмотрим, как бензапирен влияет на ДНК человека. Молекула бенз(а)пирена умеет соединяться с другими подобными элементами, образуя крепкие молекулярные системы с ДНК и внедряясь в её комплекс, она расширяет двойную спираль, постепенно нарушая взаимосвязи молекул ДНК. Следовательно, спираль раскручивается и появляется новая — испорченная, а это уже генетическая модификация (преобразование) молекулы ДНК и, собственно, происходит мутация.

Таким ужасным внедрением в организм всего один из тысяч компонентов табачного дыма влияет на жизнь курильщика, портя его генетический фонд, который, возможно, еще давно начал портить его курящий предок. Курильщик, в свою очередь, передаёт гены, подверженные мутации, своему будущему потомству, а это может вызвать самые непредсказуемые последствия — различные врожденные патологии и уродства при рождении.

В непроветриваемом помещении там, где курят, бензапирена содержится в десятки раз больше, чем в самых неблагоприятных с экологической точки зрения местах – вблизи фабрик и заводов.

Полностью исправить экологическую ситуацию может только отказ от сжигания ископаемого топлива в пользу альтернативных источников энергии, в идеале — возобновляемых, перевод бензиново-дизельных автомобилей на электро- или водородные двигатели, или любые другие более экологичные альтернативы. Что делать с асфальтом, сложно сказать — это отдельная тема экологичных городских дорожных покрытий.

Что делать на личном уровне? Больше времени проводить на природе, устанавливая в квартире систему приточного вентилирования, которая принудительно засасывает воздух с улицы, пропускает его через фильтр и только потом подает к вам в квартиру. Максимально сократить свое время пребывания около крупных автомобильных трасс.

Летом 2010 года, когда в России, и в том числе в Москве были волны аномальной жары, ставшие причиной масштабных пожаров, московские власти рекомендовали людям по возможности не выходить из дома, будучи в помещении, затыкать щели в окнах мокрыми тряпками, а на улице носить респираторы, маски или прикрывать рот и нос влажным носовым платком, чтобы защититься от смога. В той ситуации улицы были буквально полны бенз(а)пирена – раскалившийся и плавящийся на солнце асфальт, все те же миллионы машин и смог от горящих лесов дали неповторимый «букет» загрязняющих газов, отнюдь не полезных для человеческого здоровья.

Так что сделать можно не так уж и много. Помимо перечисленного, можно добавить — выбирайте качественные продукты питания, в производителе которого вы максимально уверены; в случае с бенз(а)пиреном это в первую очередь касается масел и жиров разного рода. Ну и еще — сохраняйте чувство юмора, это секретное оружие человечества, которое поможет победить любую заразу, когда ничего другое не помогает.

6.7. Триметиламин

Триметиламин (СН₃)₃N класс опасности - 3

Встречаются: триметиламин — в воздухе при перегонке барды свекловичной патоки. Содержатся в некоторых растениях, в селедочном рассоле.

Применяются в органическом синтезе, в производстве аминазина, красителей, инсектицидов.

Физические свойства и состав. Газы. В большом разведении триметиламин имеет селедочный запах, при высоких концентрациях запах аммиачный. Коэфф. раств. паров диметиламина в воде 230 (60°). В техническом продукте содержание диметиламина не менее 97,5%, примесей метил- и триметиламинов не более 2,5%,

Токсическое действие. Животные. При 2-часовом воздействии диметиламина для белых мышей ЛК50 = 3,7 мг/л, при воздействии

триметиламина — 19 мг/л. Порог токсического действия триметиламина по изменению состояния центральной нервной системы белых крыс при 4-часовом воздействии 0,025 мг/л. Минимальная концентрация диметиламина, влияющая на ритм дыхания кролика, 0,22 мг/л, изменяющая характеристики сгибательного рефлекса (при 40-минутном вдыхании), 0,4 мг/л. У кошек сильное слюноотделение при 0,4 мг/л. Трехмесячные круглосуточные затравки крыс концентрациями диметиламина 0,00093—0,00033 мг/л по ходу опыта приводили к изменениям соотношения хронаксии мышц-антагонистов, снижению содержания SH-групп в сыворотке крови, угнетению активности холинэстеразы, понижению иммунобиологической реактивности и нарушению выделения копропорфиринов с мочой. В головном мозге и легких — структурные изменения, во внутренних органах снизилось содержание аскорбиновой кислоты. Вдыхание триметиламина в концентрации 0,075 мг/л по 5 ч в день в течение 7 месяцев вызвало сильное возбуждение животных, понос, относительный нейтрофилез и снижение газообмена. В конце периода отравления снизился порог нервно-мышечной возбудимости. Патоморфологически — бронхопневмония, очаги кровоизлияний в печени, почках и селезенке. Выявлена задержка нейросекрета в гипоталамусе.

Человек. Порог восприятия запаха диметиламин 0,0025 мг/л (по другим данным, 0,00003 мг/л). Порог раздражающего действия 0,05 мг/л, порог рефлекторного действия (определен методом электроэнцефалографии) 0,00001 мг/л. Порог восприятия запаха триметиламина 0,002 мг/л.

Действие на кожу. Концентрированный водный раствор триметиламина вызывает сильное жжение и покраснение кожи; при смывании раствора с кожи остаются мелкие кровоизлияния, а боль ощущается еще 1,5—2 ч.

Превращения в организме и выделение. При введении триметиламина в желудок кроликам 80—90% метаболизируются, азот частично входит в состав мочевины, остальное количество выделяется с мочой в неизменном виде (Langley).

Предельно допустимая концентрация. Для диметиламина 1 мг/м³, а для триметиламина 5 мг/м³.

Индивидуальная защита. Фильтрующий промышленный противогаз марки А. Обязательная защита кожи (перчатки, спецодежда). См. также Аминосоединения жирного ряда.

Определение в воздухе основано на колориметрии окрашенных растворов, образующихся при действии диметиламина на 2,4-динитрохлорбензол и триметиламина в присутствии *o*-нитрофенола. Мешают другие амины жирного ряда, аммиак в количестве свыше 5 мг в пробе.

6.8. Хлорпикрин

Впервые синтезировал **опасный хлорпикрин** в 1848 году Дж. Стенгауз. В дальнейшем было успешно использован в смеси с дифосгеном во время битвы. Он преодолевал применявшиеся в то время «влажные противогазы», поэтому вскоре начал производиться всеми воюющими странами.

Чаще всего этот ядовитый газ применяли не самостоятельно, а в **тактических смесях** с маскирующими запах, дымообразующими и отравляющими веществами (с сероводородом, четыреххлористым оловом, хлором, фосгеном, дифосгеном).

Однако после появления **угольных противогазов**, способных защищать от хлорпикрина, его использование резко сократилось. Но он и до настоящего времени производится в промышленном масштабе и по многим армиям мира используется для обучения войск действиям в условиях химического заражения атмосферы, а также для проверки исправности и правильности подгонки противогазов.

ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗМА

1. Хлорпикрин вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей в концентрации 0,01 мг/л (у некоторых людей — 0,002 мг/л). Оно проявляется в виде жжения, рези и боли в глазах, смыкания век, слезотечения и мучительного кашля.

2. Концентрация 0,05 мг/л является непереносимой и вызывает кроме приведенных признаков реакции рефлекторного характера в виде тошноты и рвоты. В дальнейшем развиваются быстро нарастающий отек легких, а также кровоизлияния во внутренних органах и в сердечной мышце.

3. Относительная токсичность при ингаляции LC₅₀ 20 мг·мин/л.

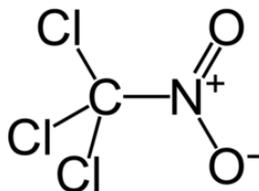
СВОЙСТВА

1. Хлорпикрин представляет собой бесцветную, сильно преломляющую свет жидкость с характерным резким запахом. Под действием света постепенно желтеет, а затем приобретает желто-зеленую окраску.

2. Он растворяется также в четыреххлористом олове, четыреххлористом кремнии, в ФОВ, иприте, дифосгене и др.

3. Температура кипения 113°C, давление насыщенного пара 18,31 мм рт. ст. при температуре 20°C, максимальная концентрация пара при этой температуре 184 мг/л, температура замерзания минус 69,2° С.

4. Хлорпикрин разлагается при нагревании, он также неустойчив к детонации.



ЗАЩИТА

Надежной защитой служит противогаз. Для дегазации ОВ пригодны водно-спиртовые или водные (с добавкой поверхностно-активных веществ) растворы сернистого натрия.

ГЛАВА 7. ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

7.1. Глобальные экологические проблемы и пути их решения

На сегодняшний день самой большой и опасной проблемой является истощение и разрушение природной среды, нарушение внутри нее экологического равновесия в результате растущей и плохо контролируемой деятельностью людей. Исключительный вред приносят производственные и транспортные катастрофы, которые ведут к массовой гибели живых организмов, заражению и загрязнению мирового океана, атмосферы, почвы. Но еще большее негативное воздействие оказывают непрерывные выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Во- первых, сильное влияние на здоровье людей, тем более разрушительное, что человечество все сильнее скучивается в городах, где концентрация вредных веществ в воздухе, почве, атмосфере, непосредственно в помещениях, а также и в других воздействиях (электричество, радиоволны и пр.) очень высоко.

Во- вторых, исчезают многие виды животных и растений, и появляются новые опасные микроорганизмы.

В- третьих, ухудшается ландшафт, плодородные земли превращаются в свай, реки в сточные канавы, изменяется местами водный режим и климат. Но самой большой опасностью грозит глобальное изменение (потепление) климата, возможное, например, из-за увеличения в атмосфере углекислоты. Это способно привести к таянию ледников. В результате под водой окажутся огромные и густонаселенные районы в разных регионах мира.

Атмосферный воздух является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой и представляет собой смесь газов и аэрозолей приземного слоя атмосферы, сложившуюся в ходе эволюции Земли, деятельности человека и находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений.

Результаты экологических исследований, однозначно свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – самый мощный, постоянно действующий фактор воздействия на человека, пищевую цепь и окружающую среду. Атмосферный воздух имеет неограниченную емкость и играет роль наиболее подвижного, химически агрессивного и всепроникающего агента взаимодействия вблизи поверхности компонентов биосферы, гидросферы и литосферы.

В последние годы получены данные о существенной роли для сохранения биосферы озонового слоя атмосферы, поглощающего губительное для живых организмов ультрафиолетовое излучение Солнца и формирующего на высотах около 40 км тепловой барьер, предохраняющий охлаждение земной поверхности.

Атмосфера оказывает интенсивное воздействие не только на человека и биоту, но и на гидросферу, почвенно-растительный покров, геологическую среду, здания, сооружения и другие техногенные объекты. Поэтому охрана

атмосферного воздуха и озонового слоя является наиболее приоритетной проблемой экологии и ей уделяется пристальное внимание во всех развитых странах.

Загрязненная приземная атмосфера вызывает рак легких, горла и кожи, расстройство центральной нервной системы, аллергические и респираторные заболевания, дефекты у новорожденных и многие другие болезни, список которых определяется присутствующими в воздухе загрязняющими веществами и их совместным воздействием на организм человека. Результаты специальных исследований показали, что между здоровьем населения и качеством атмосферного воздуха наблюдается тесная положительная связь.

Основные агенты воздействия атмосферы на гидросферу – атмосферные осадки в виде дождя и снега, в меньшей степени смога, тумана. Поверхностные и подземные воды суши имеют главным образом атмосферное питание и вследствие этого их химический состав зависит в основном от состояния атмосферы.

Отрицательное влияние загрязненной атмосферы на почвенно-растительный покров связано как с выпадением кислотных атмосферных осадков, вымывающих кальций, гумус и микроэлементы из почв, так и с нарушением процессов фотосинтеза, приводящих к замедлению роста и гибели растений. Высокая чувствительность деревьев (особенно березы, дуба) к загрязнению воздуха выявлена давно. Совместное действие обоих факторов приводит к заметному уменьшению плодородия почв и исчезновению лесов. Кислотные атмосферные осадки рассматриваются сейчас как мощный фактор не только выветривания горных пород и ухудшения качества несущих грунтов, но и химического разрушения техногенных объектов, включая памятники культуры и наземные линии связи. Во многих экономически развитых странах в настоящее время реализуются программы по решению проблемы кислотных атмосферных осадков. В рамках Национальной программы по оценке влияния кислотных атмосферных осадков, учрежденной в 1980 году многие федеральные ведомства США, начали финансировать исследования атмосферных процессов, вызывающих кислотные дожди, с целью оценки влияния последних на экосистемы и выработки соответствующих природоохранных мер. Выяснилось, что кислотные дожди оказывают многоплановое воздействие на окружающую среду и являются результатом самоочищения (промывания) атмосферы. Основные кислотные агенты – разбавленные серная и азотная кислоты, образующиеся при реакциях окисления оксидов серы и азота с участием пероксида водорода.

К природным источникам загрязнения относятся: извержения вулканов, пыльные бури, лесные пожары, пыль космического происхождения, частицы морской соли, продукты растительного, животного и микробиологического происхождения. Уровень такого загрязнения рассматривается в качестве фонового, который мало изменяется со временем.

Главный природный процесс загрязнения приземной атмосферы – вулканическая и флюидная активность Земли. Крупные извержения вулканов

приводят к глобальному и долговременному загрязнению атмосферы, о чем свидетельствуют летописи и современные наблюдательные данные (извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 году). Это обусловлено тем, что в высокие слои атмосферы мгновенно выбрасываются огромные количества газов, которые на большой высоте подхватываются движущимися с высокой скоростью воздушными потоками и быстро разносятся по всему земному шару.

Продолжительность загрязненного состояния атмосферы после крупных вулканических извержений достигает нескольких лет.

Антропогенные источники загрязнения обусловлены хозяйственной деятельностью человека. К ним следует отнести:

1. Сжигание горючих ископаемых, которое сопровождается выбросом 5 млрд. т. углекислого газа в год. В результате этого за 100 лет (1860 – 1960 гг.) содержание CO_2 увеличилось на 18 % (с 0,027 до 0,032%). За последние три десятилетия темпы этих выбросов значительно возросли. При таких темпах к 2000 г. количество углекислого газа в атмосфере составит не менее 0,05%.

2. Работа тепловых электростанций, когда при сжигании высокосернистых углей в результате выделения сернистого газа и мазута образуются кислотные дожди.

3. Выхлопы современных турбореактивных самолетов с оксидами азота и газообразными фторуглеводородами из аэрозолей, которые могут привести к повреждению озонового слоя атмосферы (озоносферы).

4. Производственная деятельность.

5. Загрязнение взвешенными частицами (при измельчении, фасовке и загрузке, от котельных, электростанций, шахтных стволов, карьеров при сжигании мусора).

6. Выбросы предприятиями различных газов.

7. Сжигание топлива в факельных печах, в результате чего образуется самый массовый загрязнитель – монооксид углерода.

8. Сжигание топлива в котлах и двигателях транспортных средств, сопровождающееся образованием оксидов азота, которые вызывают смог.

9. Вентиляционные выбросы (шахтные стволы).

10. Вентиляционные выбросы с чрезмерной концентрацией озона из помещений с установками высоких энергий (ускорители, ультрафиолетовые источники и атомные реакторы). В больших количествах озон является высокотоксичным газом.

При процессах сгорания топлива наиболее интенсивное загрязнение приземного слоя атмосферы происходит в мегаполисах и крупных городах, промышленных центрах ввиду широкого распространения в них автотранспортных средств, ТЭЦ, котельных и других энергетических установок, работающих на угле, мазуте, дизельном топливе, природном газе и бензине. Вклад автотранспорта в общее загрязнение атмосферного воздуха достигает здесь 40- 50 %. Мощным и чрезвычайно опасным фактором загрязнения атмосферы являются катастрофы на АЭС (Чернобыльская авария)

и испытания ядерного оружия в атмосфере. Это связано как с быстрым разносом радионуклидов на большие расстояния, так и с долговременным характером загрязнения территории.

Высокая опасность химических и биохимических производств заключается в потенциальной возможности аварийных выбросов в атмосферу чрезвычайно токсичных веществ, а также микробов и вирусов, которые могут вызвать эпидемии среди населения и животных.

В настоящее время в приземной атмосфере находятся многие десятки тысяч загрязняющих веществ антропогенного происхождения. Ввиду продолжающегося роста промышленного и сельскохозяйственного производства появляются новые химические соединения, в том числе сильно токсичные. Главными антропогенными загрязнителями атмосферного воздуха кроме крупнотоннажных оксидов серы, азота, углерода, пыли и сажи являются сложные органические, хлорорганические и нитросоединения, техногенные радионуклиды, вирусы и микробы. Наиболее опасные широко распространенные в воздушном бассейне Казахстана диоксин, бенз(а)пирен, фенолы, формальдегид, сероуглерод. Твердые взвешенные частицы представлены главным образом сажей, кальцитом, кварцем, гидрослюдой, каолинитом, полевым шпатом, реже сульфатами, хлоридами. В снеговой пыли специально разработанными методами обнаружены окислы, сульфаты и сульфиты, сульфиды тяжелых металлов, а также сплавы и металлы в самородном виде.

В Западной Европе приоритет отдается 28 особо опасным химическим элементам, соединениям и их группам. В группу органических веществ входят акрил, нитрил, бензол, формальдегид, стирол, толуол, винилхлорид, а неорганических – тяжелые металлы (As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, V), газы (угарный газ, сероводород, оксиды азота и серы, радон, озон), асбест.

Преимущественно токсическое действие оказывают свинец, кадмий. Интенсивный неприятный запах имеют сероуглерод, сероводород, стирол, тетрахлорэтан, толуол. Ореол воздействия оксидов серы и азота распространяется на большие расстояния. Вышеуказанные 28 загрязнителей воздуха входят в международный реестр потенциально токсичных химических веществ.

Основные загрязнители воздуха жилых помещений – пыль и табачный дым, угарный и углекислый газы, двуокись азота, радон и тяжелые металлы, инсектициды, дезодоранты, синтетические моющие вещества, аэрозоли лекарств, микробы и бактерии. Японские исследователи показали, что бронхиальная астма может быть связана с наличием в воздухе жилищ домашних клещей.

Для атмосферы характерна чрезвычайно высокая динамичность, обусловленная как быстрым перемещением воздушных масс в латеральном и вертикальном направлениях, так и высокими скоростями, разнообразием протекающих в ней физико-химических реакций. Атмосфера рассматривается сейчас как огромный «химический котел», который находится под

воздействием многочисленных и изменчивых антропогенных и природных факторов. Газы и аэрозоли, выбрасываемые в атмосферу, характеризуются высокой реакционной способностью. Пыль и сажа, возникающие при сгорании топлива, лесных пожарах, сорбируют тяжелые металлы и радионуклиды и при осаждении на поверхность могут загрязнить обширные территории, проникнуть в организм человека через органы дыхания.

Время «жизни» газов и аэрозолей в атмосфере колеблется в очень широком диапазоне (от 1 – 3 минут до нескольких месяцев) и зависит в основном от их химической устойчивости размера (для аэрозолей) и присутствия реакционноспособных компонентов (озон, пероксид водорода и др.).

Оценка и тем более прогноз состояния приземной атмосферы являются очень сложной проблемой. В настоящее время ее состояние оценивается главным образом по нормативному подходу. Величины токсических химических веществ и другие нормативные показатели качества воздуха приведены во многих справочниках и руководствах. В таком руководстве для Европы кроме токсичности загрязняющих веществ (канцерогенное, мутагенное, аллергенное и другие воздействия) учитываются их распространенность и способность к аккумуляции в организме человека и пищевой цепи. Недостатки нормативного подхода – ненадежность принятых значений показателей из-за слабой разработанности их эмпирической наблюдательной базы, отсутствие учета совместного воздействия загрязнителей и резких изменений состояния приземного слоя атмосферы во времени и пространстве. Стационарных постов наблюдения за воздушным бассейном мало, и они не позволяют адекватно оценить его состояние в крупных промышленно – урбанизированных центрах. В качестве индикаторов химического состава приземной атмосферы можно использовать хвою, лишайники, мхи. На начальном этапе выявления очагов радиоактивного загрязнения, связанных с чернобыльской аварией, изучалась хвоя сосны, обладающая способностью накапливать радионуклиды, находящиеся в воздухе. Широко известно покраснение игл хвойных деревьев в периоды смогов в городах.

Наиболее чутким и надежным индикатором состояния приземной атмосферы является снеговой покров, депонирующий загрязняющие вещества за сравнительно длительный период времени и позволяющий установить местоположение источников пылегазовыбросов по комплексу показателей. В снеговых выпадениях фиксируются загрязнители, которые не улавливаются прямыми измерениями или расчетными данными по пылегазовыбросам. [6]

К перспективным направлениям оценки состояния приземной атмосферы крупных промышленно – урбанизированных территорий относится многоканальное дистанционное зондирование. Преимущество этого метода заключается в способности быстро, неоднократно и в «одном ключе» охарактеризовать большие площади. К настоящему времени разработаны способы оценки содержания в атмосфере аэрозолей. Развитие научно-

технического прогресса позволяет надеяться на выработку таких способов и в отношении других загрязняющих веществ.

Прогноз состояния приземной атмосферы осуществляется по комплексным данным. К ним прежде всего относятся результаты мониторинговых наблюдений, закономерности миграции и трансформации загрязняющих веществ в атмосфере, особенности антропогенных и природных процессов загрязнения воздушного бассейна изучаемой территории, влияние метеопараметров, рельефа и других факторов на распределение загрязнителей в окружающей среде. Для этого в отношении конкретного региона разрабатываются эвристичные модели изменения приземной атмосферы во времени и пространстве. Наибольшие успехи в решении этой сложной проблемы достигнуты для районов расположения АЭС. Конечный результат применения таких моделей – количественная оценка риска загрязнения воздуха и оценка его приемлемости с социально-экономической точки зрения.

К основным загрязнителям атмосферы относятся углекислый газ, оксид углерода, диоксида серы и азота, а также малые газовые составляющие, способные оказывать влияние на температурный режим тропосферы: диоксид азота, галогенуглероды (фреоны), метан и тропосферный озон.

Основной вклад в высокий уровень загрязнения воздуха вносят предприятия черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, стройиндустрии, энергетики, целлюлозно-бумажной промышленности, а в некоторых городах и котельные.

Источники загрязнений - теплоэлектростанции, которые вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ, металлургические предприятия, особенно цветной металлургии, которые выбрасывают в воздух окислы азота, сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка; химические и цементные заводы. Вредные газы попадают в воздух в результате сжигания топлива для нужд промышленности, отопления жилищ, работы транспорта, сжигания и переработки бытовых и промышленных отходов.

Атмосферные загрязнители разделяют на первичные, поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом превращения последних. Так, поступающий в атмосферу сернистый газ окисляется до серного ангидрида, который взаимодействует с парами воды и образует капельки серной кислоты. При взаимодействии серного ангидрида с аммиаком образуются кристаллы сульфата аммония. Подобным образом, в результате химических, фотохимических, физико-химических реакций между загрязняющими веществами и компонентами атмосферы, образуются другие вторичные признаки. Основным источником пирогенного загрязнения на планете являются тепловые электростанции, металлургические и химические предприятия, котельные установки, потребляющие более 170% ежегодно добываемого твердого и жидкого топлива.

Основными вредными примесями пирогенного происхождения являются следующие:

а) Оксид углерода. Получается при неполном сгорании углеродистых веществ. В воздух он попадает в результате сжигания твердых отходов, с выхлопными газами и выбросами промышленных предприятий. Ежегодно этого газа поступает в атмосферу не менее 250 млн. т. Оксид углерода является соединением, активно реагирующим с составными частями атмосферы, и способствует повышению температуры на планете, и созданию парникового эффекта.

б) Сернистый ангидрид. Выделяется в процессе сгорания серосодержащего топлива или переработки сернистых руд (до 70 млн. т. в год). Часть соединений серы выделяется при горении органических остатков в горнорудных отвалах. Только в США общее количество выброшенного в атмосферу сернистого ангидрида составило 85 процентов от общемирового выброса.

в) Серный ангидрид. Образуется при окислении сернистого ангидрида.

Конечным продуктом реакции является аэрозоль или раствор серной кислоты в дождевой воде, который подкисляет почву, обостряет заболевания дыхательных путей человека. Выпадение аэрозоля серной кислоты из дымовых факелов химических предприятий отмечается при низкой облачности и высокой влажности воздуха. Пирометаллургические предприятия цветной и черной металлургии, а также ТЭС ежегодно выбрасывают в атмосферу десятки миллионов тонн серного ангидрида.

г) Сероводород и сероуглерод. Поступают в атмосферу отдельно или вместе с другими соединениями серы. Основными источниками выброса являются предприятия по изготовлению искусственного волокна, сахара, коксохимические, нефтеперерабатывающие, а также нефтепромыслы. В атмосфере при взаимодействии с другими загрязнителями подвергаются медленному окислению до серного ангидрида.

д) Оксиды азота. Основными источниками выброса являются предприятия, производящие; азотные удобрения, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения, вискозный шелк, целлулоид. Количество оксидов азота, поступающих в атмосферу, составляет 20 млн. т. в год.

е) Соединения фтора. Источниками загрязнения являются предприятия по производству алюминия, эмалей, стекла, керамики, стали, фосфорных удобрений. Фторосодержащие вещества поступают в атмосферу в виде газообразных соединений - фтороводорода или пыли фторида натрия и кальция.

Соединения характеризуются токсическим эффектом. Производные фтора являются сильными инсектицидами.

ж) Соединения хлора. Поступают в атмосферу от химических предприятий, производящих соляную кислоту, хлоросодержащие пестициды, органические красители, гидролизный спирт, хлорную известь, соду. В атмосфере встречаются как примесь молекулы хлора и паров соляной кислоты. Токсичность хлора определяется видом соединений и их концентрацией.

В металлургической промышленности при выплавке чугуна и при переработке его на сталь происходит выброс в атмосферу различных тяжелых металлов и ядовитых газов. Так, в расчете на 1 т. предельного чугуна выделяется кроме 2,7 кг сернистого газа и 4,5 кг пылевых частиц, определяющих количество соединений мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, паров ртути и редких металлов, смоляных веществ и цианистого водорода.

Наиболее распространенные загрязнители атмосферы поступают в атмосферу в основном в двух видах: либо в виде взвешенных частиц, либо в виде газов. Рассмотрим каждый из них в отдельности.

Углекислый газ. В результате сжигания топлива, а также производства цемента в атмосферу поступает огромное количество этого газа. Сам этот газ не ядовит.

Угарный газ. Сжигание топлива, которое создает большую часть газообразных, да и аэрозольных загрязнений атмосферы, служит источником другого углеродного соединения – угарного газа. Он ядовит, причем его опасность усугубляется тем, что он не имеет ни цвета, ни запаха, и отравление им может произойти совершенно незаметно.

В настоящее время в результате деятельности человека в атмосферу поступает около 300 миллионов тонн угарного газа.

Углеводороды, поступающие в атмосферу в результате деятельности человека, составляют небольшую долю от углеводородов естественного происхождения, но загрязнение ими имеет весьма важное значение. Их поступление в атмосферу может происходить на любой стадии производства, обработки, хранения, перевозки и использования веществ и материалов, содержащих углеводород. Более половины углеводородов, производимых человеком, поступает в воздух в результате неполного сгорания бензина и дизельного топлива при эксплуатации автомобилей и других средств транспорта.

Сернистый газ. Загрязнение атмосферы соединениями серы имеет важные экологические последствия. Главные источники сернистого газа – вулканическая деятельность, а также процессы окисления сероводорода и других соединений серы.

Сернистые источники сернистого газа по интенсивности давно превзошли вулканы и сейчас сравнялись с суммарной интенсивностью всех естественных источников.

Аэрозольные частицы, поступают в атмосферу из естественных источников.

Процессы образования аэрозолей весьма разнообразны. Это, прежде всего раздробление, размельчение и распыление, твердых веществ. В природе такое происхождение имеет минеральная пыль, поднимаемая с поверхности пустынь во время пыльных бурь. Источник атмосферы аэрозолей имеет глобальное значение, так как пустыни занимают около трети поверхности суши, да еще имеется тенденция и увеличенной их доли из-за неразумной, деятельности

человека. Минеральная пыль с поверхности пустынь переносится ветром на многие тысячи километров.

Аналогичное проявляется вулканический пепел, попадающий в атмосферу во время извержения, происходят сравнительно редко и нерегулярно, вследствие чего этот источник аэрозоля по массе значительно уступает пыльным бурям, его значение весьма велико, так как этот аэрозоль забрасывается в верхние слои атмосферы – в стратосферу. Остается там, в течение нескольких лет, он отражает или поглощает часть солнечной энергии, которая могла бы в его отсутствии достичь поверхности Земли.

Источник аэрозолей является также технологические процессы хозяйственной деятельности людей.

Мощный источник минеральной пыли – промышленности строительных материалов. Добыча и дробление пород в карьерах, их транспортировка, производство цемента, само строительство – все это загрязняет атмосферу минеральными частицами. Мощный источник твердых аэрозолей – горнодобывающая промышленность, в особенности при добыче угля и руды в открытых карьерах.

Аэрозоли попадают в атмосферу при разбрызгивании растворов. Естественный источник таких аэрозолей – океан, поставляющий хлоридные и сульфатные аэрозоли, образуются в результате испарения морских брызг. Еще один мощный механизм образования аэрозолей – это конденсация веществ во время горения или неполное сгорание из-за недостатка кислорода или низкой температурой горения. Аэрозоли удаляются из атмосферы тремя путями: сухим осаждением под действием тяжести (главный путь для крупных частиц), осаждением на препятствиях и выбыванием осадками. Аэрозольные загрязнения воздействуют на погоду и климат. Химические неактивные аэрозоли накапливаются в легких и ведут к повреждениям. Обычный кварцевый песок и другие силикаты – слюды, глины, асбест и т.д. накапливается в легких и проникает в кров, приводит к заболеванию сердечно-сосудистой системы и заболеванию печени.

7.2. Глобальное изменение климата

Колоссальное могущество природы: наводнение, стихии, бури, подъем уровня моря. Изменение климата меняет образ нашей планеты. Причуды погоды уже не являются чем-то необычным, это становится нормой. Лёд на нашей планете тает и это меняет всё. Моря поднимутся, города могут быть затоплены и миллионы людей могут погибнуть. Ни один прибрежный район не убежит от ужасных последствий.

Глобальное потепление, мы постоянно слышим это выражение, но за знакомыми словами стоит пугающая действительность. Наша планета нагревается и это оказывает катастрофический эффект на ледяные шапки земли. Температура поднимается, лёд начинает таять, море начинает подниматься. По всему миру уровень океана поднимается в 2 раза быстрее чем

150 лет назад. В 2005 году 315 куб км льда из Гренландии и Антарктики растаяли в море, для сравнения в городе Москва в год используется 6 куб км воды – это глобальное таяние. В 2001 году учёные прогнозировали что к концу века уровень моря поднимется на 0.9 метра. Это повышение уровня воды достаточное чтобы повлиять на более 100 млн. людей во всём мире, но уже сейчас многие специалисты опасаются, что их прогнозы могут быть неверными. Даже по консервативным расчётам прогнозируется, что в течении следующих 60 лет, повышение уровня моря уничтожит четверть всех домов находящиеся в 150-ти метрах от побережья. Последние исследования рисуют более тревожную картину. К концу столетия уровень моря может подняться на целых 6 метров и это всё может произойти со всеми нами из-за таяния.

Чтобы понять, что произойдёт, когда лёд растает, учёным необходимо изучать процессы, которые вызывают таяние. Современные передовые технологии способны открыть древнюю историю нашей планеты, изучая изменения, которые имели место в прошлом, и они надеются предсказать наше будущее.

Причиной глобальному потеплению могут служить разные факторы, однако, многие ученые связывают это с парниковым эффектом.

Многолетние наблюдения показывают, что в результате хозяйственной деятельности изменяется газовый состав и запыленность нижних слоев атмосферы. С распаханых земель во время пыльных бурь поднимаются в воздух миллионы тонн частиц почвы. При разработке полезных ископаемых, при производстве цемента, при внесении удобрений и трении автомобильных шин о дорогу, при сжигании топлива и выбросе отходов промышленных производств в атмосферу попадает большое количество взвешенных частиц разнообразных газов. Определения состава воздуха показывают, что сейчас в атмосфере Земли углекислого газа стало на 25% больше, чем 200 лет назад. Это, безусловно, результат хозяйственной деятельности человека, а также вырубки лесов, зеленые листья которых поглощают углекислый газ. С повышением концентрации углекислого газа в воздухе связан парниковый эффект, который проявляется в нагреве внутренних слоев атмосферы Земли. Это происходит потому, что атмосфера пропускает основную часть излучения Солнца. Часть лучей поглощается и нагревает земную поверхность, а от нее нагревается атмосфера.

Другая часть лучей отражается от поверхности Планеты и это излучение поглощается молекулами углекислого газа, что способствует повышению средней температуры планеты. Действие парникового эффекта аналогично действию стекла в оранжерее или парнике (от этого возникло название "парниковый эффект").

Рассмотрим, что происходит с телами в стеклянной оранжерее. Излучение высокой энергии проникает в оранжерею через стекло. Оно поглощается телами внутри оранжереи. Затем они сами испускают излучение более низкой энергии, поглощаемое стеклом. Стекло посылает часть этой энергии обратно, снабжая объекты внутри дополнительным теплом. Точно

таким же образом земная поверхность получает дополнительное тепло по мере того, как "парниковые" газы поглощают, а затем выделяют излучение более низкой энергии. Газы, вызывающие своей повышенной концентрацией парниковый эффект, называют парниковыми газами. В основном это углекислый газ и водяной пар, но существуют и другие газы, поглощающие энергию, исходящую от Земли. Например, хлорфтор содержащие углеводородные газы, например, фреоны или хладоны. Концентрация этих газов в атмосфере также увеличивается.

Последствия глобального потепления:

1. Если температура на Земле будет продолжать повышаться, это окажет серьезнейшее воздействие на мировой климат.

2. В тропиках будет выпадать больше осадков, так как дополнительное тепло повысит содержание водяного пара в воздухе.

3. В засушливых районах дожди станут еще более редкими, и они превратятся в пустыни в результате чего людям и животным придется их покинуть.

4. Температура морей также повысится, что приведет к затоплению низинных областей побережья и к увеличению числа сильных штормов.

5. Повышение температуры на Земле может вызвать поднятие уровня моря так как:

а) вода, нагреваясь становится менее плотной и расширяется, расширение морской воды приведет к общему повышению уровня моря.

б) повышение температуры может растопить часть многолетних льдов, покрывающих некоторые районы суши, например, Антарктиду или высокие горные цепи. Образовавшаяся вода в конечном итоге стечет в моря, повысив их уровень. Следует, однако, заметить, что таяние льда, плавающего в морях, не вызовет повышение уровня моря. Ледяной покров Арктики представляет собой огромный слой плавучего льда. Подобно Антарктиде, Арктика также окружена множеством айсбергов. Климатологи подсчитали, что если растают гренландские и антарктические ледники, уровень Мирового океана повысится на 70-80 м.

6. Сократятся жилые земли.

7. Нарушится водосолевой баланс океанов.

8. Изменяются траектории движения циклонов и антициклонов.

9. Если температура на Земле повысится, многие животные не смогут адаптироваться к климатическим изменениям. Многие растения погибнут от недостатка влаги и животным придется переселиться в другие места в поисках пищи и воды. Если повышение температуры приведет к гибели многих растений, то вслед за ними вымрут и многие виды животных.

Меры по предупреждению глобального потепления.

Главную меру по предупреждению глобального потепления можно сформулировать так: найти новый вид топлива или поменять технологию использования нынешних видов топлива. Это означает, что необходимо:

1. Уменьшить выброс в атмосферу парниковых газов.

2. В котельных, на заводах и фабриках установить сооружения для очистки выбросов в атмосферу.

3. Отказаться от традиционных видов топлива в пользу более экологически чистых.

4. Уменьшить объемы вырубки лесов и обеспечить их воспроизводство.

5. Создать законы, обеспечивающие предупреждение глобального потепления.

6. Выявлять причины глобального потепления, наблюдать за ними и устранять их последствия.

Полностью уничтожить парниковый эффект нельзя. Полагают, что если бы не парниковый эффект, средняя температура на земной поверхности составила бы – 15 градусов по Цельсию.

7.3. Пути решения глобальных проблем

Говоря о возможных вариантах развития экологической ситуации на планете, самым благодарным и, само собой, наиболее осмысленным, кажется, разговор о некоторых из существующих сегодня направлениях природоохранной деятельности. Иначе пришлось бы говорить исключительно об ужасах истощения природных ресурсов и т. п.

Несмотря на то, что каждая из обсуждавшихся здесь глобальных проблем имеет свои варианты частичного или более полного решения, существует некий набор общих подходов к решению проблем окружающей среды. Кроме того, за последнее столетие человечество разработало ряд оригинальных способов борьбы с собственными, губящими природу недостатками.

К числу таких способов (или возможных путей решения проблемы) можно отнести возникновение и деятельность разного рода «зеленых» движений и организаций. Кроме «Green Peace'a», отличающегося не только размахом своей деятельности, но и, порой, заметным экстремизмом действий, а также аналогичных организаций, непосредственно проводящих природоохранные акции, существует другой тип экологических организаций – структуры, природоохранную деятельность стимулирующие и спонсирующие – типа Фонда дикой природы, например. Все экологические организации существуют в одной из форм: общественные, частные государственные либо организации смешанного типа.

Кроме разного рода объединений, отстаивающих у цивилизации права постепенно уничтожаемой ею природы, в сфере решения экологических проблем существует целый ряд государственных или общественных природоохранных инициатив. Например, природоохранные законодательства стран мира, различные международные соглашения или система «Красных книг».

Международная «Красная книга» – список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений – в настоящий момент

включает 5 томов материалов. Кроме того, существуют национальные и даже региональные «Красные книги».

В числе важнейших путей решения экологических проблем большинство исследователей также выделяет внедрение экологически чистых, мало- и безотходных технологий, строительство очистных сооружений, рациональное размещение производства и использование природных ресурсов.

Хотя, несомненно, - и это доказывает весь ход человеческой истории - важнейшим направлением решения стоящих перед цивилизацией экологических проблем стоит назвать повышение экологической культуры человека, серьезное экологическое образование и воспитание, все то, что искореняет главный экологический конфликт – конфликт между дикарем потребителем и разумным обитателем хрупкого мира, существующий в сознании человека.

7.4. Влияние экологических проблем на экономику

Меры политики по сокращению выбросов парниковых газов не должны стать тормозом для экономики.

Решение проблемы изменения климата и экономического ущерба, который он, по всей вероятности, нанесет, ставит перед директивными органами дилемму. Выгоды от мер политики неопределенны и, скорее всего, будут получены будущими поколениями, тогда как затраты на меры политики, вероятно, потребуются в более близкие сроки и будут значительными. В то же время издержки бездействия имеют необратимый и, возможно, катастрофический характер, и, по-видимому, ударят по бедным странам сильнее, чем по развитым. Более того, даже если выбросы парниковых газов (ПГ), накапливающиеся в атмосфере и вызывающие потепление климата, будут немедленно прекращены, температуры будут повышаться в течение нескольких десятилетий из-за уже накопленных выбросов.

По этим причинам экономические директивные органы все чаще признают, что необходимо принять меры политики как для смягчения воздействия глобального потепления за счет замедления и, в конечном итоге, сокращения вредных выбросов, так и для адаптации к последствиям выбросов, которые уже имели место или будут происходить в предстоящие десятилетия. Они также согласны с тем, что, в частности, меры политики по смягчению воздействия могут иметь быстрые и далеко идущие результаты. Для того чтобы пролить свет на то, как меры по смягчению воздействия, возможно, будут влиять на экономику стран, проводилось исследование, сравнивающее альтернативные варианты мер политики, — налоги на выбросы, торговлю разрешениями на выбросы и гибридные схемы, сочетающие элементы этих двух вариантов. Весьма отрадны результаты анализа, показывающие, что с изменением климата можно бороться, не подрывая макроэкономическую стабильность и рост и не создавая неоправданное бремя для стран, которые меньше всего способны нести затраты на соответствующие меры политики.

Другими словами, если меры политики хорошо спланированы, их экономические издержки должны быть посильными.

Базисные сценарии включают в себе значительный риск того, что глобальный климат резко изменится к концу текущего столетия. По прогнозам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2007), в отсутствие мер политики по контролю над выбросами глобальная температура к 2100 году повысится в среднем на 2,8° С. Вероятность большего повышения температуры не является пренебрежимо малой. В работе Nicholas Stern (2008) указывается, что, если к концу столетия концентрации вредных веществ в рамках базисного сценария стабилизируются на уровне не менее 750 частей на миллион в углеводородном эквиваленте, как предполагается в последних сценариях МГЭИК, существует как минимум 50-процентная вероятность того, что глобальная температура повысится более чем на 5° Цельсия, с потенциально катастрофическими последствиями для планеты. Любая оценка экономического ущерба от изменения климата сопряжена с большой неопределенностью. В своем исследовании Стерн (Соединенное Королевство) оценивает, что сокращение ВВП на душу населения к 2200 году при его базисном сценарии для климата (при относительно высоких выбросах, включая рыночное и нерыночное воздействие и катастрофический риск) составляет диапазон от 3 до 35 процентов (90-процентный доверительный интервал) с центральной оценкой в 15 процентов.

Неопределенность относительно ущерба от изменения климата проистекает из различных источников. Во-первых, научные знания о физических и экологических процессах, лежащих в основе изменения климата, продолжают развиваться.

Например, неясно, как быстро парниковые газы будут накапливаться в атмосфере, насколько чувствительными климат и биологические системы будут к увеличениям концентрации этих газов, и где будут «последние рубежи», после которых произойдут катастрофические климатические последствия, такие как таяние западного ледового покрова в Антарктике или вечной мерзлоты, изменение характера муссонов или поворот термохалинной циркуляции в Атлантическом океане.

Во-вторых, трудно оценить, насколько хорошо люди смогут адаптироваться к новым климатическим условиям. В-третьих, сложно дать текущую стоимостную оценку ущерба, который понесут будущие поколения.

Кроме того, низкие оценки глобального ущерба скрывают большой разброс между странами

Изменения климата будут ощущаться раньше и намного острее менее развитыми странами, по крайней мере, по сравнению с размерами их экономики. Такие страны больше зависят от отраслей, чувствительных к климату (таких как сельское хозяйство, лесное и рыбное хозяйство, туризм), имеют менее здоровое население, которое более уязвимо к изменениям окружающей среды, обеспечивают меньше государственных услуг, которые также часто отличаются более низким качеством. К регионам, которые,

вероятно, пострадают в наибольшей степени, относятся Африка, Южная и Юго-Восточная Азия, и Латинская Америка. Индия и Европа подвержены катастрофическому риску, такому как изменение характера муссонов и поворот термохалинной циркуляции в Атлантическом океане. В отличие от них Китай, Северная Америка, развитые страны Азии и страны с переходной экономикой менее уязвимы и могут даже выиграть при потеплении на небольшую величину (например, от повышения урожайности культур).

O'QUV ADABIYOTINING NASHR RUXSATNOMASI

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 20 20 yil "30" iyun dagi "359" -sonli buyrug'iga asosan

D.J.Bekchanov, R.A.Eshchanov, T.X.Raximov, Sh.B.Xasanov

(muallifning familiyasi, ismi-sharifi)

5110300-Kimyo o'qitish metodikasi

(ta'lim yo'nalishi (mutaxassisligi))

ning

talabalari (o'quvchilari) uchun tavsiya etilgan

Экологическая химия nomli

(o'quv adabiyotining nomi va turi: darslik, o'quv qo'llanma)

o'quv qo'llanmasi

ga

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr etishga ruxsat berildi.



Vazir

(imzo)

I.Madjidov

Ro'yxatga olish raqami 359-210

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие для педагогических ВУЗов

Ответственный редактор: В.Б. Комягин
Корректор: И.С. Гисич
Компьютерная верстка: А.Ж. Абдуллаев

Лицензия № 10-3719 от 05.09.2018.

Сдано в набор 03.06.2020. Подписано в печать 06.09.2020. Формат 60x84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.New Roman. Печать цифровая.

Усл. печ.л. 8,3. Уч.-изд.л.8,6. Изд. № 110. Тираж 100 экз. Заказ №120.

Отпечатано в типографии

“Тошкенткого химико-технологического института”

100011, г.Ташкент, ул. Навои - 32.