

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**Санкт-Петербургский государственный технологический
университет растительных полимеров**

И.В. ВОЛЬФ

ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

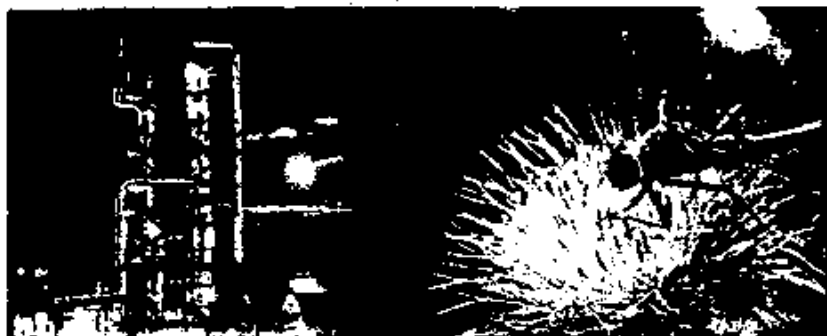
Учебное пособие

Санкт-Петербург
2006

502.7(075)
В-720

И.В. Вольф
ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2006

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

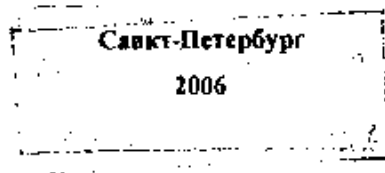
**Санкт-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров**

И.В. Вольф

ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие

800 990



УДК 502.7(075)
В-720
ББК 20.1я7

Вольф И.В. Химия окружающей среды: учебное пособие; ГОУВПО
СПбГТУРП. СПб, 2006. - 126 с., ил. 19.

В учебном пособии обсуждаются причины, обуславливающие наступление и развитие экологического кризиса, а также пути и перспективы перехода мирового сообщества и России к устойчивому развитию, при котором потребности людей удовлетворяются без истощения природных ресурсов и без снижения качества окружающей природной среды. Рассматриваются процессы загрязнения, трансформации и круговорота веществ в биосфере. Особое внимание уделено химии гидросферы. Учебное пособие предназначено для студентов университета и его филиалов, обучающихся по специальности "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов", а также для учащихся экологических школ и участников Бюб-олимпиад.

Рецензенты: профессор кафедры ООС и РИПР СПбГТУРП, д-р с.-х. наук
Г.В. Стадницкий; зам. директора по научной работе ЗАО «Креал», канд. техн.
наук А.Н. Николаев.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Санкт-Петербургского государственного университета растительных полимеров в качестве учебного пособия.

ББК 20.1я7
© Вольф И.В., 2006
© ГОУВПО Санкт-Петербургский
государственный технологический
университет растительных полимеров, 2006

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. Изменение состояния природной среды во времени.....	9
1.1. Природные изменения.....	9
1.2. Антропогенные изменения.....	12
1.3. Концепция устойчивого развития и пути ее реализации.....	16
2. Общие сведения о геосферах Земли.....	24
3. Химия гидросферы.....	26
3.1. Основы гидрохимии.....	26
3.2. Характеристика гидросферы.....	27
3.3. Физико-химические свойства воды и присущие ей аномалии.....	28
3.4. Формирование физико-химического состава воды.....	33
3.4.1. Контакт воды с атмосферой.....	34
3.4.2. Контакт воды с минералами почв и грунтов.....	34
3.4.3. Формирование состава воды в результате деятельности гидробионтов.....	37
3.5. Химия речных и озерных вод.....	39
3.5.1. Гидрохимический режим рек и озер.....	40
3.5.2. Физико-химический состав природных и сточных вод.....	44
Взвешенные вещества.....	45
Растворенные органические вещества.....	47
Растворенные минеральные вещества.....	52
Растворенные газы.....	66
3.6. Химия подземных вод.....	69
3.7. Введение в химию океана.....	72

3.7.1. Состав океанической воды.....	72
3.7.2. Антропогенные загрязнения океанов и морей.....	77
3.7.3. Экологические последствия загрязнения морской среды.....	78
3.8. Перенос и трансформация веществ.....	79
3.8.1. Перенос веществ.....	29
3.8.2. Превращение веществ.....	81
4. Глобальные биогеохимические циклы (круговороты веществ).....	83
4.1. Круговорот кальция.....	85
4.2. Круговорот углерода.....	86
4.3. Круговорот азота.....	88
4.4. Круговорот фосфора.....	89
4.5. Круговорот ртути.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	95
Приложения.....	97
Приложение 1. Основные термины и понятия.....	97
Приложение 2. Декларация устойчивого развития Санкт-Петербурга.....	120
Приложение 3. О пользе экологического образования.....	125

ПРЕДИСЛОВИЕ

Включение в учебный план специальности "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов" курса "Химия окружающей среды", играющего важную роль в подготовке инженеров-экологов, поставило задачу обеспечения студентов учебным пособием. Частично эта задача была решена в 2000 году изданием подготовленного Л.Н. Григорьевым и Т.И. Бурениной учебного пособия "Химия окружающей среды (атмосфера, литосфера)" [6], в котором содержится информация о превращениях загрязняющих веществ в атмосфере и в почве, необходимая для качественного решения проблем, связанных с загрязнением атмосферы и почвы. В настоящем пособии рассматриваются глобальные процессы, затрагивающие всю биосферу, а также химические и биохимические процессы, протекающие в гидросфере. Современные экологические проблемы возникли в результате активного, но часто некомпетентного вмешательства человека в сложное переплетение взаимосвязанных химических и биологических процессов, определяющих состояние биосферы, поэтому при подготовке пособия использованы источники, авторы которых анализируют причины экологического кризиса и рассматривают пути и перспективы выхода из него. Целью учебного пособия является внесение посильного вклада в формирование компетентных специалистов в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, подготовка которых является в настоящее время одним из главных приоритетов высшей школы.

Благодарю инженера НИЧ Ю.С. Иванова, аспиранта П.М. Мосур и студентку ИЭФ Е.В. Махеевко за большую помощь в подготовке рукописи к печати. Приношу глубокую благодарность профессору Г.В. Стадницкому и доценту А.Н. Николаеву за внимательное прочтение рукописи и ряд ценных замечаний.

Профессор И.В. Вольф

Жизнь и хозяйственная деятельность человека неразрывно связаны с использованием природных ресурсов и изменением состояния окружающей природной среды.

Двадцатый век ознаменовался не только стремительным развитием науки и техники, но и резким ухудшением качества природной среды: загрязнением атмосферы, гидросферы и почвы, истощением сырьевых и энергетических природных ресурсов, оскудением фауны и флоры.

Совокупность этих негативных результатов антропогенного воздействия на природу получила название экологического кризиса. Во второй половине двадцатого века проявления экологического кризиса приобрели настолько грозные формы, что возникла угроза не только здоровью, но и самому существованию человечества. Важнейшей задачей научно-технического прогресса стало превращение любого технологического процесса в практически безотходный рециркуляционный процесс. Это позволит обеспечить удовлетворение потребностей людей без истощения природных ресурсов и ухудшения состояния окружающей природной среды, то есть реализовать концепцию устойчивого развития общества и обеспечить ту гармонию во взаимоотношениях человека и природы, о которой говорил В.И.Вернадский в своем учении о ноосфере – сфере разума.

В решении этой глобальной задачи призваны сыграть ведущую роль экологически грамотные химики-исследователи и химики-технологи. Возникла необходимость создания и развития химии окружающей среды (экологической химии) – науки о химических процессах, протекающих в окружающей природной среде в связи с изменениями, вносимыми в нее деятельностью человека.

Содержанием химии окружающей среды (ХОС) является выявление источников поступления в природную среду загрязняющих веществ, изучение путей и механизмов их распространения, трансформации и накопления в биосфере. Целью ХОС является содействие научно-техническому прогрессу

и решение проблем охраны и регулирования состояния окружающей среды путем постоянного повышения эффективности использования природных ресурсов.

Из определения ХОС как науки естественно следуют ее важнейшие прикладные задачи:

1. Разработка методов сокращения антропогенных загрязнений (см. Приложение 1).
2. Познание механизмов природных биохимических процессов и влияния на них различных факторов.
3. Составление прогнозов допустимого уровня антропогенных воздействий и выявление путей достижения этого уровня.

Из изложенного следует, что ХОС не может развиваться изолированно и имеет тесную взаимосвязь с целым рядом наук, к числу которых прежде всего следует отнести экологию, неорганическую, органическую, физическую, коллоидную и аналитическую химию, микробиологию, а также такие науки о Земле, как метеорология, гидрология, геохимия, почвоведение, ландшафтоведение и др. Само собой разумеется, что при решении тех или иных задач, связанных с ХОС, необходимо учитывать экономические аспекты. Страны, уделяющие должное внимание подготовке специалистов в области ХОС, добиваются наибольших успехов в разрешении экологических и экономических проблем.

Задачей ХОС является выявление и изучение разнообразных процессов миграции химических веществ в системе воздух – вода – почва и их превращений под влиянием температуры, солнечного света, воздействия компонентов окружающей среды и живых организмов, а также ряда других факторов.

В Приложении 1 дан список терминов и понятий, расширенный по сравнению с терминологией, использованной в настоящем учебном пособии. В него включены используемые в научной литературе термины, знание которых необходимо специалистам по охране окружающей среды.

Следует учитывать, что поведение различных веществ в окружающей среде в значительной мере обусловлено их физико-химическими свойствами. Следовательно, специалисты в области ХОС должны обладать знанием физико-химических основ разнообразных процессов миграции и превращения различных химических веществ в окружающей среде.

1. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ВО ВРЕМЕНИ

Состояние природной среды постоянно изменяется под действием природных и антропогенных факторов. Различие между ними в том, что под воздействием природных факторов биосфера находится в состоянии развития миллиарды лет, а интенсивное антропогенное воздействие за период, исчисляемый столетиями, способно поставить биосферу на грань катастрофы.

1.1. Природные изменения

По представлениям, разделяемым большинством ученых [2, 7, 11], предполагается, что наша планета образовалась путем агломерации рассеянного в околосолнечном пространстве холодного космического вещества, в состав которого входили в связанном состоянии все химические элементы периодической таблицы Д.И. Менделеева. На основании определения изотопов свинца в древнейших породах, содержащих уран, природный возраст Земли определяется в 4,6 млрд лет.

В результате процессов гравитационного сжатия и радиоактивного распада выделялось тепло, вызывающее частичное расплавление материала планеты и образование газообразных веществ. Эти газы, выделяемые вулканами в течение первых 500 млн лет существования планеты, сформировали первичную атмосферу, состоящую из водорода, водяного пара, метана, сероводоро-

да, оксидов углерода. Конденсация водяного пара привела примерно 4 млрд. лет тому назад к образованию первичной гидросферы.

Эксперименты показывают, что в анаэробных условиях, характерных для первичной атмосферы, возможен абиотический синтез многих органических соединений при воздействии ультрафиолетовой радиации Солнца и электрических разрядов.

Можно предполагать, что именно абиотический синтез привел к накоплению в атмосфере и гидросфере органических веществ в количествах, достаточных для возникновения примитивных форм жизни. Позднее появились организмы, способные продуцировать кислород в процессе фотосинтеза. Начался диффузный процесс постепенного обогащения первичной атмосферы кислородом (рис. 1) [21].

В настоящее время в результате фотосинтеза ежедневно образуется около 200 млрд. тонн сырого органического вещества и выделяется 250 млрд. тонн кислорода. Состав атмосферы в значительной мере находится под контролем биоты.

Характер и масштаб изменений, происходящих на Земле за геологические периоды времени, определяли такие факторы, как изменения геохимических, геофизических и метеорологических параметров, эволюция живых организмов, обитающих в воде и на суше, а также изменения гомогенности биосферы в климатическом, химическом и биологическом отношении.

В соответствии с законами термодинамики на Земле с большой степенью вероятности происходит увеличение энтропии, но этот процесс идет постепенно, а поступление солнечной энергии еще больше его замедляет.

На нашей планете протекают как упорядочивающиеся процессы, связанные с поглощением энергии, так и противоположные процессы, сопровождающиеся ее выделением. Например, с поглощением энергии протекает процесс фотосинтеза, а с выделением — процесс разложения органических веществ микроорганизмами.

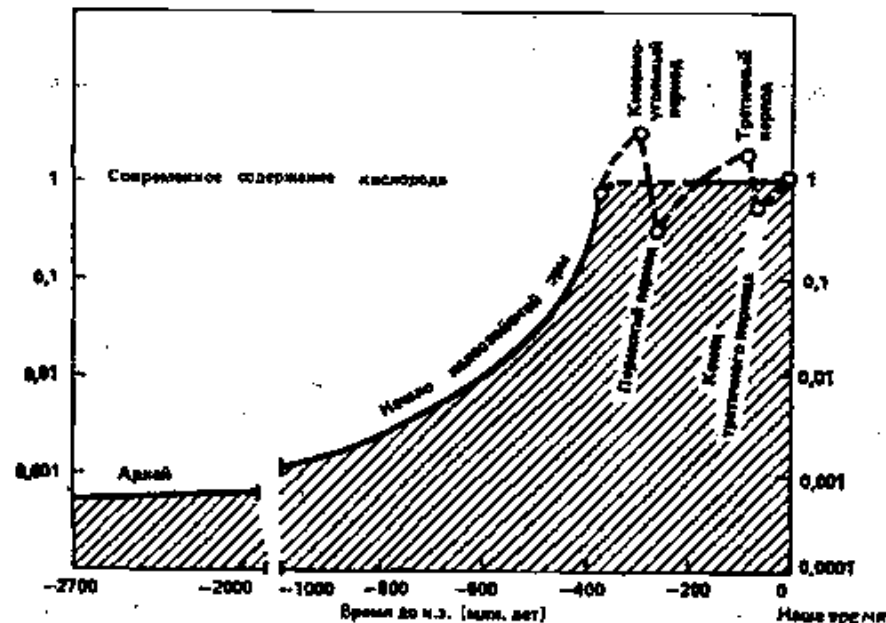


Рис. 1. Изменение содержания кислорода в атмосфере во времени

К процессам, вызывающим изменения природной среды, относятся землетрясения, вулканическая деятельность, периодические изменения климата, воздействие биоты.

Землетрясения, причины возникновения которых еще не полностью изучены, за короткий промежуток времени изменяют картину окружающего мира.

Вулканическая деятельность внесла большой вклад в многообразие геологических формаций и гетерогенность земной коры. По всей вероятности, большая часть океанической воды и газов первичной атмосферы появилась в результате вулканических извержений. Типичные вулканические газы содержат (по объему) 79 % водяного пара, 12 % CO_2 , 7 % SO_2 , 1 % N_2 и 1 % в

сумме CO , H_2S , HCl , CH_4 , Ag . В результате длительных изменений сформировалась весьма разнообразная по составу твердая оболочка Земли. Периодические изменения климата в течение, по крайней мере, миллиарда лет сопровождались процессами выветривания, эрозии и осадения взвесей.

Значительное воздействие на состояние природной среды оказывали за последние 250 млн. лет изменяющиеся условия протекания химических реакций в связи с чередованием ледниковых и более теплых и влажных периодов.

Воздействие биоты проявилось с возрастающей интенсивностью в последние 1,8 млрд. лет. Примерно к этому времени в процессе фотосинтеза стало образовываться больше кислорода, чем затрачиваться на окисление неорганических веществ, и его концентрация в атмосфере стала возрастать.

Последствием ультрафиолетовое излучение Солнца озоновый слой, вероятно, сформировался более 600 млн. лет тому назад и явился важным фактором дальнейшего развития биосферы.

Выделяемые многократными факторами изменения состава окружающей среды имеют, как локальный, так и глобальный характер.

1.2. Антропогенные изменения

Масштабы и интенсивность воздействия человека на природу непрерывно возрастали на протяжении всей истории развития человеческого общества вместе с ростом численности населения планеты и уровнем его технической вооруженности. В древние и средние века численность населения Земли была относительно невелика, она достигла полумиллиарда человек к 1650 году.

Люди осваивали Землю под папью, одомашнивали животных, занимались охотой и рыбной ловлей. Вместе с тем, они вели войны, уничтожая накопленные богатства, отвоевывали новые земли, истребляли леса, но тем не менее, до недавнего времени человечество оказывало лишь локальное влияние на великий круговорот вещества в биосфере.

Положение коренным образом изменилось в двадцатом веке. Научно-технический прогресс проложил новые пути перемещения веществ и энергии в биосфере, нарушающие природное равновесие и создающие серьезную угрозу не только отдельным регионам, но и всей биосфере в целом. Возникают и развиваются новые виды индустриального производства – машиностроение, автомобильная промышленность, самолетостроение, атомная энергетика, радиоэлектроника, химическая промышленность и многое другое. В сельском хозяйстве произошли глубокие перемены в сторону его индустриализации и химизации. Количество используемых во всем мире удобрений и ядохимикатов исчисляется в наше время сотнями миллионов тонн.

Резко возросла и нарушила природное равновесие деятельность человека при добыче полезных ископаемых, регулировании рек, создании водохранилищ.

Барри Коммонер [13, с. 126] приходит к выводу о том, что главная причина кризиса окружающей среды состоит в "стремительном преобразовании технологии производства, происшедшем после второй мировой войны... На смену старой менее продуктивной, но и менее разрушительной технологии пришла технология более продуктивная, но оказывающая более негативное воздействие на окружающую среду. Кризис окружающей среды – неизбежный результат этого антиэкологического характера процесса развития".

Французский профессор Филипп Сен-Марк, сожалея о том, что современное экономическое развитие приводит на его родине к дефициту чистого воздуха, зелени, тишины, пишет: "Мы располагаем огромными удобствами, несметным количеством автомобилей, гигантским воздушным флотом, застилающим небо, но нам более не вкусить чистого воздуха, поэзии прозрачных рек, мирного покоя полей" [23]. Он приходит к выводу, что за прогресс приходится платить слишком дорогую цену. По Сен-Марку, благосостояние человека – Б, характеризующее степень его удовлетворенности или неудовлетворенности определяется алгебраической суммой трех компонентов:

$$B = U_p + U_c + O_c,$$

где U_p – уровень жизни (материальная обеспеченность);

U_c – условия жизни (состояние сервиса);

O_c – состояние окружающей среды.

Если принять состояние сервиса за период наблюдений неизменным и допустить, что положительные эмоции от обслуживания компенсируются отрицательными (нулевой уровень), то изменение B при росте U_p можно отобразить графиком, показанным на рис. 2.

Деннис Медоуз в работе, опубликованной в США в 1972г. [16] отмечает, что рост численности населения, масштабов промышленного и сельскохозяйственного производства, потребления природных ресурсов и загрязнения окружающей среды описывается экспоненциальной зависимостью, для которой характерно соотношение

$$T_2 = 70/V,$$

где T_2 – время удвоения, годы,

V – процент ежегодного прироста.

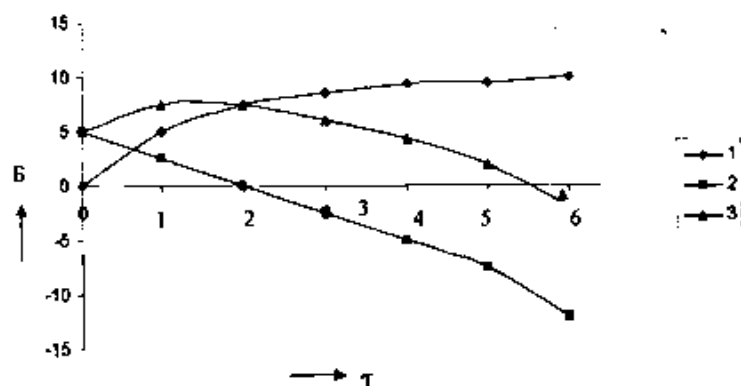


Рис. 2. Изменение благосостояния при росте уровня материальной обеспеченности:

1 – вклад в благосостояние уровня обеспеченности;

2 – вклад в благосостояние состояния окружающей среды;

3 – результирующая кривая зависимости благосостояния от времени t

Если, например, численность населения планеты, составлявшая в 1965 г. 3 млрд. человек, возрастает ежегодно на 2 %, то время ее удвоения – 35 лет и количество людей на земном шаре составит в 2000г. 6 млрд., в 2035 г. будет – 12 млрд., в 2070 г. – 24 млрд.

Выполненный Д. Медоузом с помощью составленной им модели и использования вычислительной техники долгосрочный прогноз изменения условий существования людей привел к весьма неутешительному выводу: численность человечества на нашей планете будет возрастать лишь до 2050г., а затем начнет сокращаться по таким причинам, как недостаток продуктов питания, истощение сырьевых и энергетических ресурсов или загрязнение окружающей среды [16].

Экологического кризиса не избежала и наша страна, несмотря на ее большую территорию и хорошую обеспеченность природными ресурсами. Площадь регионов, которые характеризуются как экологически неблагополучные, составляют 16% территории России. Вместе с тем, в России сохранился крупнейший массив естественных экосистем (~ 8млн. км²), который служит резервом устойчивости биосферы [28].

Как отмечает Г.В. Стадницкий [25], научно-технический прогресс привел людей к роковой ошибке: к представлениям об их независимости от сил и законов природы. Сформировалась идеология вседозволенности в силовом управлении природой, ее системами, ресурсами. Лишь к середине XX века человеческий разум позволил осознать, что независимость человека от природы – наивный самообман. Но к этому времени за победу над природой была уплачена дорогая цена: возник экологический кризис и угроза гибели самого человечества [18, 26, 30].

Сегодня люди поняли, что законы экологии объективны и независимы от нас. И если действовать вопреки этим законам, то последствия оказываются печальными и даже трагическими.

Например, большая доля стока Волги накоплена в водохранилищах гидроэлектростанций, под которые ушли десятки миллионов гектаров ценнейших пахотных земель; ущерб сельскому хозяйству дополняется ветровой и водной эрозией почв, возникающей в результате сведения лесов.

В настоящее время среди факторов антропогенного воздействия на биосферу наибольшего внимания заслуживает загрязнение поверхностных и подземных вод соединениями азота и фосфора, нефтепродуктами и тяжелыми металлами. В России сброс этих веществ со сточными водами, как правило, превышает установленные нормативы. В Санкт – Петербурге актуальность проблемы сокращения сброса биогеохимических элементов, прежде всего, фосфора, усиливается необходимостью выполнения международных обязательств России по сбросу в бассейн Балтийского моря общего азота и общего фосфора.

Для того, чтобы грамотно, т.е. экологически корректно пользоваться природными ресурсами, недостаточно знать законы экологии и следовать им, надо также знать как организована природа, какие ее структуры и происходящие в ней процессы могут быть нарушены и предвидеть возможные отрицательные последствия.

Необходимо формирование нового отношения к биосферным процессам и их взаимосвязи с деятельностью человека.

1.3. Концепция устойчивого развития и пути ее реализации

В своей более поздней работе [17] Д. Мелоуз отмечает, что человечество продолжает использовать свой возрастающий научно-технический потенциал для поддержания роста производства и потребления, но именно рост сводит на нет положительный эффект от использования научных достижений. Отдвинув с их помощью один предел (например, предельную численность населения) и продолжая рост, мы неизбежно сталкиваемся с другим пределом. При этом, если рост экспоненциальный, то наступление нового предела происходит очень быстро.

Для того, чтобы сделать удовлетворение потребностей устойчивым, недостаточно рыночных механизмов. Например, при вылове рыбы рынок не удерживает соперничающие стороны от чрезмерной эксплуатации рыбных ресурсов. Наоборот, он щедро вознаграждает тех, кто успевает первым и берет больше. Если наиболее привлекательной рыбы стало мало, то ее продажная цена резко возрастает, что побуждает еще больше интенсифицировать ее вылов.

По мнению Д. Мелоуза, необходимо стремиться к созданию устойчивого человеческого общества, способного существовать в течение жизни многих поколений. Такое общество удовлетворяет нужды сегодняшнего поколения, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять их собственные нужды.

Выполненные им расчеты показали, что создание положительной модели мира, обеспечивающей устойчивое развитие, достигается при принятии следующей программы:

- Стабилизация численности населения на уровне 7,7 млрд. человек. Именно стабилизация численности населения позволяет сделать управляемыми все проблемы. Как ожидается, численность населения достигнет 8 млрд. человек к 2020 году.
- Стабилизация объемов промышленного производства. При этом ограничение роста объемов производства не следует рассматривать, как застой. Вместо роста предусматривается непрерывное развитие производства, т.е. его совершенствование на базе использования достижений научно-технического прогресса путем внедрения технологий, уменьшающих выбросы и сбросы загрязняющих веществ, замедляющих эрозию почв, повышающих эффективность использования природных ресурсов.

Эти идеи нашли отражение и развитие в решениях Конференции ООН по окружающей среде (Рио-де-Жанейро, 1992). Конференцией разработаны и приняты два важных документа: Декларация по окружающей среде и развитию и Повестка дня на XXI век [10].

800.990

Декларация обязывает все государства участвовать в разработке национального и международного законодательства, предусматривающего принятие необходимых мер для предотвращения ухудшения экологической обстановки. Международное сообщество обязуется оказывать необходимую помощь развивающимся государствам.

В Декларации сформулированы следующие основные принципы:

- Люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой.
- Государства имеют суверенное право разрабатывать свои собственные ресурсы, но без ущерба окружающей среде за пределами их границ.
- Для достижения устойчивого развития защита окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него.
- Искоренение нищеты и неравенства в уровне жизни в разных частях мира необходимо для обеспечения устойчивого развития и потребностей большинства населения.
- Государства должны ограничить и ликвидировать неэкологичные модели производства и поощрять соответствующую сложившейся ситуации демографическую политику.
- Государствам следует делиться новыми знаниями и технологиями.
- Мир, развитие и сохранение окружающей природной среды взаимосвязаны и неразделимы.

В Повестке дня на XXI век отмечено, что человечество переживает решающий момент своей истории. Мир столкнулся с проблемами усугубляющейся нищеты, голода, болезней и продолжающейся деградацией окружающей среды, от которой зависит наше благосостояние. Сохраняется неравенство между богатыми и бедными. Необходимо удовлетворять основные нужды людей, повышать уровень жизни для всех и в то же время – лучше защищать и сохранять экологические системы. Ни одна страна не может достиг-

нуть этой цели в одиночку, но ее можно достигнуть в рамках всемирного сотрудничества на пути устойчивого развития.

Устойчивое развитие – это такое развитие общества, при котором удовлетворение потребностей людей достигается без истощения природных ресурсов и без деградации окружающей природной среды.

Устойчивое общество способно существовать в течение многих поколений, так как удовлетворяет нужды сегодняшнего поколения, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять их собственные нужды.

В Повестке дня намечена программа конкретных действий для решения настоящих проблем сегодняшнего дня и для подготовки к решению проблем будущего. В ней говорится, что обеспечение устойчивого развития является в первую очередь обязанностью правительств и что оно потребует разработки национальных программ, планов и политики. Усилия государств должны координироваться через международные организации, такие как Организация Объединенных Наций. Решение задач, поставленных Повесткой дня на XXI век, потребует существенной дополнительной финансовой помощи для развивающихся стран.

Особое внимание следует уделить государствам, экономика которых в настоящее время переживает переходный период, включая Восточную Европу и бывший Советский Союз, где страны заняты экономическими преобразованиями в обстановке значительной социальной и политической напряженности [10].

Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию была утверждена Указом президента РФ от 1 апреля 1996 года. Она признает необходимым осуществить в Российской Федерации последовательный переход к устойчивому развитию, обеспечивающий сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей настоящего и будущих поколений людей.

Поскольку биосфера как регулятор окружающей среды представляет собой единую систему, переход к устойчивому развитию всего мирового сообщества может быть осуществлен только в условиях эффективного международного сотрудничества. Россия призвана сыграть важную роль в решении планетарных экологических проблем, поскольку она обладает большими по площади территориями, почти не затронутыми хозяйственной деятельностью и являющиеся резервом устойчивости биосферы в целом.

Необходимо продолжить работу по следующим основным направлениям международной деятельности России:

- сохранение биоразнообразия;
- защита озонового слоя от истощения;
- предотвращение антропогенного изменения климата;
- охрана лесов и лесовосстановление;
- борьба с опустыниванием;
- развитие и совершенствование системы особо охраняемых природных территорий;
- обеспечение безопасного уничтожения химического и ядерного оружия;
- решение проблем Мирового океана и международных региональных экологических проблем (сокращение трансграничного загрязнения, нормализация окружающей среды в бассейнах Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского морей и в Арктическом регионе)
- К числу важнейших научных проблем, решение которых возможно только лишь в рамках международного сотрудничества ученых, относится определение характеристик экологической устойчивости биосферы в целом и ее основных подсистем. Благодаря своему научному потенциалу Россия может сыграть здесь одну из ведущих ролей.

Постановление правительства РФ "О разработке проекта государственной стратегии устойчивого развития Российской Федерации" от 8 мая 1996 года поручило федеральным органам власти и органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации учитывать положения Концепции по-

ревода РФ к устойчивому развитию при разработке прогнозов и программ социально-экономического развития.

Для Санкт-Петербурга разработан Стратегический план Санкт-Петербурга – свод согласованных мер, имеющих стратегическую важность для города, которые необходимо предпринять в интересах производителей и населения (см. Приложение 2).

В соответствии с мировыми тенденциями в Санкт-Петербурге продолжится изменения в структуре экономики, приводящие к увеличению доли услуг, туризма, финансового обслуживания, торговли, информации и связи.

По мере стабилизации экономики произойдет оживление сферы науки, образования, культуры и искусства – отраслей, стратегически важных для сохранения долгосрочных источников развития и для поддержания престижа города. Развитие этих функций предусмотрено в проектах, связанных с трехсотлетием города – "Санкт-Петербург-2003" и "Санкт-Петербург – культурная столица".

На поддержку перспективных изменений, определяемых главной целью, ориентируются четыре стратегических направления, в рамках которых формируются отдельные цели (рис. 3).

Действия по этим направлениям позволят городу реализовать свои конкурентные возможности.

Переход к устойчивому развитию – процесс весьма длительный и трудный, так как требует разрешения беспрецедентных по масштабу социальных, экономических и экологических задач. По мере продвижения к устойчивому развитию будут совершенствоваться средства удовлетворения потребностей людей, и сами потребности – рационализироваться в соответствии с экологическими требованиями.



Рис. 3. Ориентиры стратегического плана Санкт-Петербурга [10]

Переход к устойчивому состоянию общества может потребовать меньшей затраты природных ресурсов, но гораздо более высоких моральных качеств людей. Необходимо, чтобы целью человечества стало не беспредельное обогащение, а обеспечение достойного уровня жизни для всех. Устойчивое развитие несовместимо с войнами, терроризмом, гонкой вооружений, коррупцией, криминалом.

Движение человечества к устойчивому развитию приведет в конечном счете к формированию предсказанной В.И. Вернадским ноосферы (сферы разума) [3], когда мерилom национального и индивидуального богатства

станут духовные ценности и знания человека, живущего в гармонии с окружающей природной средой.

Важнейшим средством достижения этой цели является:

- 1 – экологическое образование и воспитание населения, начинающееся с детского сада;
- 2 – изучение и развитие наук о Земле и химии окружающей среды;
- 3 – подготовка соответствующих специалистов.

Важную роль в экологическом образовании и воспитании населения играют общественные организации.

В качестве примера можно привести многолетнюю активную деятельность Биополитической интернациональной организации (БИО), основателем и президентом которой является Агни Влavianос Арванитис (Греция). Целью БИО является всемирная кооперация народов для лучшего понимания и оценки роли окружающей биосферы. Антропоцентрическое мировоззрение заменяется биоцентрическим, что позволит успешно преодолевать географические границы и идеологические барьеры.

Плодотворной идеей явилась организация Биос-олимпиад, которые дополняют спортивные Олимпийские игры, способствуя физическому, духовному и интеллектуальному развитию молодежи разных стран.

БИО совместно с возглавляемым профессором А.И. Шипшиным экологическим клубом аспирантов, студентов и школьников Балтийско-Ладожского региона, Санкт-Петербургским научным центром Российской академии наук, Комитетом охраны окружающей среды и природных ресурсов Санкт-Петербурга и Ленинградской области и другими организациями ежегодно проводит Биос-олимпиады в Санкт-Петербурге. В каждой из них принимает участие 300-500 юношей и девушек от 11 до 22 лет, предварительно представивших рефераты своих докладов, в которых рассматриваются различные экологические проблемы. Эти доклады заслушивают и оценивают члены международного жюри. Сбор данных для докладов и подготовка рефератов производится в международных экологических лагерях, организуемых в при-

городах Санкт-Петербурга. В сентябре 2006 г. состоялись 12^й Биос – олимпиада и международная юношеская конференция по окружающей среде [32].

Среди участников экологических лагерей и Биос-олимпиад – школьники, студенты и преподаватели из различных регионов России и других стран. Таким образом, организации экологических лагерей и биос-олимпиад оказывает заметное влияние на повышение уровня экологического образования и воспитания молодежи.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОСФЕРАХ ЗЕМЛИ

При формировании нашей планеты и в ходе последующей ее эволюции происходила дифференциация составляющего планету вещества, которая привела к образованию нескольких геосфер – концентрически расположенных слоев, различающихся по плотности, химическому составу и агрегатному состоянию (табл. 1) [11].

Таблица 1

Некоторые характеристики геосфер

Геосферы	Расстояние от нижней границы до уровня моря, км	Объем, $\text{м}^3 \cdot 10^{18}$	Масса, $\tau \cdot 10^{18}$	Доля массы геосферы от массы планеты, %
Атмосфера	-	1320	0,005	10^{-6}
Гидросфера	11,02	1,4	1,4	0,02
Литосфера (земная кора)	5-70	10,2	28,5	0,48
Мантия	До 2900	896,6	4013	67,2
Ядро	6378	175,2	1934	32,3

Самая наружная оболочка – атмосфера образует вокруг земного шара слой с убывающей плотностью, общей толщиной порядка 2000 км.

Поверхность земного шара на 71 % покрыта морями и океанами, образующими основную часть гидросферы.

Поверхность континентов, а также дно морей и океанов покрывает сравнительно тонкий слой литосферы, толщина которого неравномерна. Средняя ее толщина для Земли в целом – около 17 км, под океанами и морями 5-7 км, на континентах в среднем 35 км, а под горными хребтами до 70 км.

Верхний слой литосферы – планетарный почвенный покров – очень богат населен микроорганизмами и мелкими беспозвоночными животными, общая биомасса которых превышает суммарную биомассу всех сухопутных и морских позвоночных животных.

Под литосферой расположена наиболее мощная из геосфер – мантия, а в центре планеты находится ядро. Экваториальный радиус Земли составляет 6378 км.

Три внешних оболочки Земли – атмосфера, гидросфера и литосфера входят в состав биосферы [31]. Они связаны между собой, а также с флорой и фауной планеты, процессами массообмена, имеющими циклический характер и обуславливающими глобальные круговороты химических элементов и соединений. Благодаря этим связям любое масштабное воздействие человека на окружающую среду обычно вызывает целую цепочку последствий, обоснованный прогноз которых является сложнейшей задачей.

Взаимосвязь геосфер не исключает необходимости изучения процессов, происходящих в каждой из них.

В настоящем учебном пособии детально рассматривается химия гидросферы. Химия атмосферы и литосферы рассмотрена в [6].

3. ХИМИЯ ГИДРОСФЕРЫ

3.1. Основы гидрохимии

Исключительно важная роль воды в природе и технике во многом связана с ее способностью к образованию сложных растворов солей, газов и органических веществ, обладающих различными свойствами [14]. Присутствие в природных водах растворенных солей, органических веществ и газов дает возможность существования флоры и фауны в морях, реках, озерах. От состава воды зависят ее физические свойства и характер протекающих в ней химических и биологических процессов.

Физико-химический состав воды необходимо учитывать при использовании водных объектов для водоснабжения, при строительстве гидротехнических сооружений, при использовании воды в промышленности, энергетике и сельском хозяйстве. Особенно важное значение приобретает проблема борьбы с загрязнением и эвтрофированием природных вод. Без знания физико-химического состава воды невозможно прогнозирование воздействия человеческой деятельности на окружающую природную среду. Все это определило необходимость разработки гидрохимии – научной дисциплины, изучающей физико-химический состав природных вод и закономерности его изменений во времени и пространстве под действием природных факторов и деятельности человека.

В системе наук о Земле гидрохимия занимает двойственное положение. С одной стороны она составляет часть более обширной науки о химии земной коры – геохимии, а с другой стороны является частью комплексной науки о гидросфере – гидрологии.

Химические процессы, происходящие во всех природных водах, имеют общие закономерности, но специфика различных водных объектов оказывает существенное влияние на их протекание. Поэтому такие разделы гидрохи-

мии, как химия океана [2] или химия подземных вод [14] имеют тенденцию к выделению в самостоятельные науки.

Гидрохимия тесно связана с экологией, гидробиологией, комплексом наук о Земле, аналитической химией и рядом других дисциплин.

3.2. Характеристика гидросферы

Особенностью нашей планеты является наличие гидросферы, которая включает в себя все свободные воды, не связанные физически и химически с минералами земной коры.

Весь облик нашей планеты, возникновение на ней флоры и фауны, возможность существования людей неразрывно связаны с наличием воды и ее определенными химическими свойствами.

Вода присутствует во всей биосфере, включая атмосферу, литосферу и биоту. Наибольшее количество свободной воды сосредоточено в гидросфере.

Общие запасы воды в гидросфере составляют $1456 \cdot 10^6$ км³ [15]. Эта величина примерно в 10 раз превышает объем суши, находящейся над уровнем моря и составляет 1/800 объема всей планеты.

Распределение воды в гидросфере характеризуется следующими цифрами [5]: Мировой океан $1370 \cdot 10^6$ км³ (94%), высокогорные ледники и полярные льды – $24 \cdot 10^6$ км³ (1,73%), подземные воды – $61,4 \cdot 10^6$ км³ (4,22%).

Запасы пресных вод, играющих важную роль в жизни и деятельности человека, оцениваются в $35 \cdot 10^6$ км³, что составляет 2,52 % общих запасов воды. Наиболее интенсивно используются пресные воды рек. Суммарный объем воды, содержащийся в руслах рек мира, составляет 2120 км³, т.е. всего лишь 0,00015 % общих запасов воды в гидросфере. Однако следует учитывать, что вода в реках многократно возобновляется в процессах круговорота воды и общее количество, выносимое реками в моря и океаны (суммарный годовой речной сток) составляет 44,7 тыс км³. Кроме того, в моря и океаны

ежегодно поступает 2,2 тыс км³ подземных вод, не дренируемых реками. Таким образом, общий годовой сток воды в Мировой океан составляет около 47 тыс км³. Из этой величины на долю России приходится примерно 4 тыс км³.

Природные воды представляют собой сложные растворы органических веществ, минеральных солей и газов. Без их присутствия было бы невозможно возникновение и существование флоры и фауны. Водные объекты, входящие в состав гидросферы – моря, реки, озера, подземные воды – характеризуются большим разнообразием состава примесей и их концентраций, что определяет различные условия существования в них растительных и животных организмов, а также различные возможности использования данной воды в народном хозяйстве.

Существует ли в природе чистая вода? Ответ на этот вопрос зависит от того, какой смысл вкладывается в слово “чистая”. Если имеется в виду отсутствие в воде каких либо примесей, то можно с уверенностью утверждать, что такой химически чистой воды в природе не существует. Более того, ее получение является достаточно сложной технической задачей.

Тем не менее, целесообразно рассмотреть некоторые физико-химические свойства воды, отвечающей по составу привычной формуле H₂O, поскольку они оказывают существенное влияние на формирование не только состава природных вод, но и всего окружающего нас мира природы.

3.3. Физико-химические свойства воды и присущие ей аномалии

По своим физико-химическим свойствам вода представляет собой уникальное химическое вещество, которому присущ целый ряд аномалий. Пожалуй, самой очевидной и значительной из них является одновременное присутствие воды на нашей планете в трех агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном, тогда как другие вещества с сопоставимой молекулярной массой находятся только в газообразном состоянии. Так, например, для гидридов элементов VI группы периодической системы температуры

плавления и кипения закономерно возрастают в ряду H₂S – H₂Se – H₂Te, но остаются в пределах отрицательных температур по шкале Цельсия (рис. 4 [33]). Для воды же температуры плавления и кипения, соответственно на 80°–180° выше, чем должно быть по логике сравнения. Таким образом, вода в данном случае проявляет свойства, характерные не для вещества с молекулярной массой 18, а для вещества со значительно большей молекулярной массой.

Если же сопоставить физические свойства воды и жидкости с большей молекулярной массой, имеющей близкую к воде температуру кипения (например, со свойствами нормального гептана C₇H₁₆, M=100), то также можно обнаружить существенные различия (табл. 2).

Вода характеризуется большими величинами удельной теплоемкости, теплоты плавления и, особенно, теплоты парообразования.

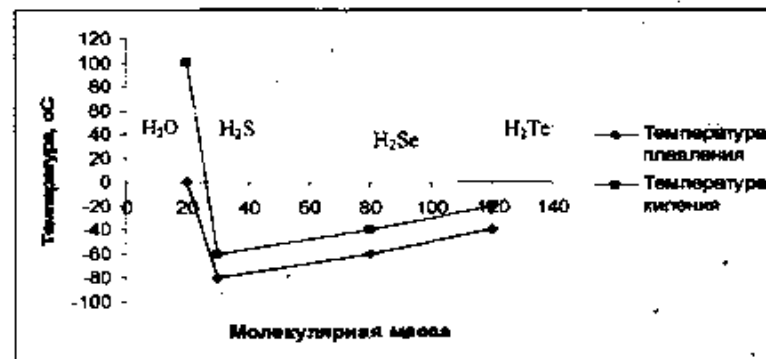


Рис. 4. Изменение температур плавления и кипения в ряду гидридов элементов VI группы

Следовательно, изменение температуры воды или ее агрегатного состояния сопровождается затратой или выделением относительно большого количества энергии. Именно с этим связано огромное стабилизирующее влияние воды на климат планеты: ее присутствие уменьшает амплитуду сезонных и суточных колебаний температуры, что наглядно проявляется в

Сравнительные свойства воды и нормального гетана

Свойства	Размерность	Вода	Нормальный гетан
Молекулярная масса	-	18	100
Температура кипения	°С	100	98,4
Температура плавления	°С	0	-97
Диэлектрическая проницаемость при 20°С	-	80	1,97
Дипольный момент	дебай	$1,84 \cdot 10^{-18}$	$0,2 \cdot 10^{-18}$
Плотность	г/см ³	1,0	0,73
Удельная теплоемкость	кал/г·град	1,0 (4,19 Дж/г·град)	0,5 (2,1 Дж/г·град)
Теплота парообразования	кал/г	540 (2262 Дж/г)	76 (318 Дж/г)
Теплота плавления	кал/г	79 (331 Дж/г)	34 (142 Дж/г)
Поверхностное натяжение при 20°С	дин/см	73	25

общезвестных различиях морского и континентального климата. Поверхностное натяжение воды относительно велико, но его существенно снижают примеси поверхностно-активных веществ. Вязкость воды существенно уменьшается с повышением температуры (рис. 5) [14].

Это обстоятельство используют в процессах, связанных с фильтрацией.

Чистая вода обладает очень малой удельной электропроводностью ($0,004 \cdot 10^{-6}$ сим/см при 18 °С).

Присутствие примесей ионного характера резко повышает электропроводность, что дает возможность использовать измерения электропроводности

воды в качестве весьма чувствительного, хотя и приблизительного метода анализа ее солевого содержания.

Причину многочисленных аномальных свойств следует искать в молекулярном строении воды, для которого характерна несимметричность распределения электрических зарядов, обуславливающая ярко выраженную полярность. Валентный угол α в молекуле воды Н-О-Н составляет 104,5°.

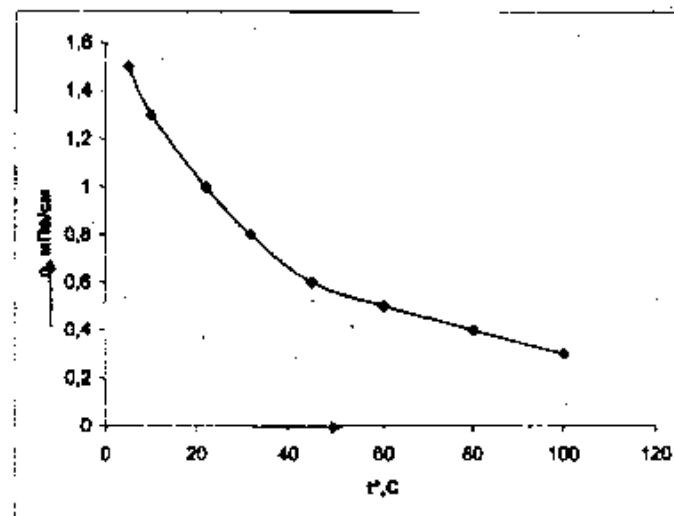


Рис.5. Зависимость вязкости воды от температуры [14]

При образовании молекулы из атомов водорода (электрон-донор) и кислорода (электрон-акцептор) два из шести электронов второго энергетического уровня атома кислорода вовлекаются в валентные связи с двумя атомами водорода, входящими в данную молекулу воды. Оставшиеся две неподеленные электронные пары участвуют в образовании водородных связей с атомами водорода соседних молекул воды, в результате чего образуются более или менее сложные ассоциаты.

Энергия показанных пунктиром водородных связей составляет 4-5 ккал/моль, что значительно меньше энергии внутримолекулярных валентных связей, измеряемых десятками ккал/моль. Поэтому возникающие ассоциаты сравнительно неустойчивы, легко распадаются и образуются вновь, что обуславливает обратимый характер ассоциации. Наибольшая степень ассоциации молекул характерна для льда и снега (рис. 6) [7]. При повышении температуры степень ассоциации уменьшается и при достаточно высоких температурах определение молекулярной массы по плотности пара дает величину, равную 18, что указывает на практически полное отсутствие ассоциации.

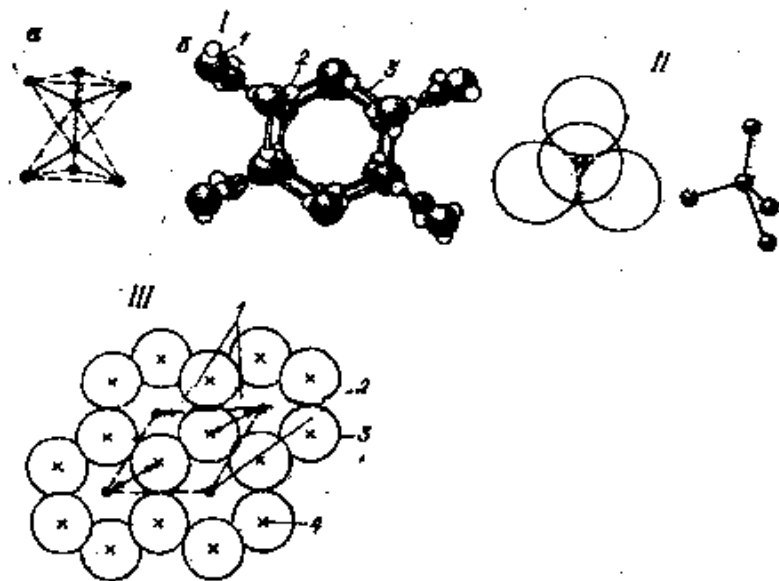


Рис. 6. Гипотетические схемы моделей структуры льда:

I - ледяные кристаллы (а - тетраэдры, б - положение молекул в структуре льда: 1 - атом кислорода, 2 - атом водорода, 3 - водородные связи), II - координационное число молекул в структуре льда (равное 4), определенное по рассеянию рентгеновского излучения атомами кислорода; III - структуры льда (1 - пустоты «дырки», 2 - центры пустот, находящиеся на расстоянии 3,47 Å друг от друга, 3 - молекула воды, 4 - центры молекул, находящиеся от центра на расстоянии 2,94 Å)

Теория ассоциации молекул позволяет предположительно объяснить причину плотностной аномалии воды. Как известно, максимальная плотность воды (1,000 г/мл) соответствует температуре +4 °С, а лед, образующийся в природных условиях, имеет плотность 0,920 г/мл. Повидимому, при температуре +4 °С в воде преобладают ассоциаты, образующие наиболее плотные упаковки, а при изменениях температуры и, в особенности, при превращении воды в лед или снег формируются ассоциаты со структурой, характеризующейся наличием пустот.

С особенностями строения молекул воды связана и ее уникальная способность к образованию ионных растворов. При взаимодействии с водой солей образующие их ионы притягивают к себе полярные молекулы воды с силой, характеризующейся энергией гидратации.

По своим химическим свойствам вода является весьма реакционно-способным веществом. Она реагирует со щелочными металлами, атомарным кислородом, галогенами и другими соединениями, имеет определенные термодинамические пределы устойчивости [4]. Реакционную способность воды необходимо учитывать при использовании ее в различных технологических процессах и при выборе методов очистки.

Присущая воде способность растворять очень многие твердые вещества, жидкости и газы сыграла важнейшую роль в формировании состава природных вод, которые в зависимости от условий образования резко отличаются друг от друга по составу примесей.

3.4. Формирование физико-химического состава воды

Процессы формирования физико-химического состава природных вод тесно связаны с круговоротом воды в природе.

Для вод рек и озер, которые являются основными источниками водоснабжения и приемниками сточных вод, можно выделить три основных этапа формирования химического состава:

I. Контакт воды с атмосферой.

2. Контакт воды с минералами почв и грунтов, образующих поверхностные слои литосферы.
3. Формирование химического состава воды в самих водотоках и водоемах в результате жизнедеятельности гидробионтов, образующих водные биогеоценозы.

На всех перечисленных этапах существенное прямое или косвенное влияние на формирование состава воды оказывает деятельность человека.

3.4.1. Контакт воды с атмосферой

Пары воды, поступающие в атмосферу при испарении с поверхности Мирового океана, содержат за счет брызгоуноса небольшое количество солей. Дальнейшее формирование состава атмосферных осадков происходит под влиянием состава природной атмосферы и степени ее загрязненности инородными газами и веществами. При этом следует учитывать, что растворимость газов в воде зависит от их химической природы, парциального давления в атмосфере и температуры. Атмосферные осадки, образующиеся в чистой атмосфере, содержат растворенные газы: N_2 , O_2 , CO_2 . Из загрязненной атмосферы в атмосферные осадки переходят NH_3 , SO_2 , NO_x , H_2S , а также многие органические и минеральные вещества, присутствующие в загрязненной атмосфере, включая радиоактивные элементы.

Подсчитано, что 1 л дождевой воды, падая с высоты 1 км, омывает $3,26 \text{ м}^3$ воздуха [1]. После сильного и продолжительного дождя атмосферный воздух весьма эффективно очищается от пыли и газов, химически взаимодействующих с водой.

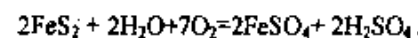
Переходят в воду и многие летучие органические вещества, выделяемые в атмосферу растениями, не удаляются из атмосферы лишь некоторые гидрофобные примеси, в частности, фреоны.

3.4.2. Контакт воды с минералами почв и грунтов

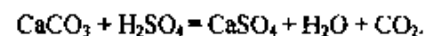
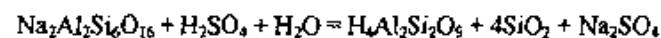
Контакт воды с грунтами и почвами играет главную роль в преобразовании воды в сложный раствор. Выпавшая на земную поверхность вода ат-

мосферных осадков просачивается через почву и вступает в контакт подстилающими ее горными породами, в результате чего обогащается солями и меняет свой газовый состав. Проникая в более глубокие слои литосферы и подвергаясь влиянию высокого давления и повышенной температуры, вода приобретает еще более сложный набор растворенных газов и минеральных солей.

При контактах воды с почвами, грунтами и минералами литосферы происходят процессы растворения, выщелачивания, адсорбции, ионного обмена. Растворению природных алюмосиликатов и ряда других минералов способствует их измельчение в результате процессов замерзания воды, проникающей в трещины, а также повышение кислотности воды вследствие растворения в ней углекислоты. Кислотность воды может повышаться также вследствие окисления сульфидов металлов, присутствующих в изверженных породах. Например, окисление растворенным в воде кислородом наиболее распространенного сульфида — пирита FeS_2 протекает по реакции:



Образующаяся серная кислота оказывает сильное агрессивное воздействие на алюмосиликаты и осадочные карбонатные породы:



В результате этих процессов вода обогащается растворенными сульфатами и гидрокарбонатами.

Вода, содержащая растворенную углекислоту, взаимодействует с карбонатными горными породами (известняк, мел, мрамор) по реакции:



что приводит к повышению жесткости воды, а в результате растворения минералов образуются пещеры. Обратимость реакции приводит к возникновению в пещерах сталактитов и сталагмитов.

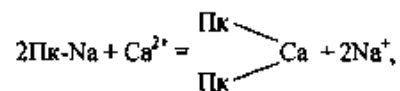
Повышению солесодержания воды способствует растворение солей, рассеянных в осадочных породах (глины, пески) и местами образующих за-

лежи солей — карбонатов, хлоридов и сульфатов кальция, магния, натрия и калия. К ним относятся известняки CaCO_3 , доломиты $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, каменная соль NaCl , сильвинит $m \text{KCl} + n \text{NaCl}$ и др.

Важную роль в формировании состава природных вод играет их контакт с почвами, в состав которых, в отличие от горных пород, входят не только минеральные, но и органические компоненты. При взаимодействии воды с почвами образуются почвенные растворы, состав и концентрация которых изменяется в широких пределах.

При контакте с почвами маломинерализованных почвенных осадков, как правило, происходит повышение минерализации, особенно значительное в зонах недостаточного увлажнения (засушливых областях), где в результате интенсивного испарения влаги, поднимающейся по капиллярам почвы, происходит засоление последней. Наряду с повышением минерализации при контакте воды с почвами происходит изменение ионного состава воды, обусловленное тем, что почвы представляют собой природные катиониты со слабокислотными ионогенными группами. Особенно значительную ионообменную емкость имеют черноземные и торфяные почвы, характеризующиеся высоким содержанием гуминовых кислот, обменная емкость которых достигает 3,5 мг-экв/г.

Способные к ионному обмену компоненты почвы образуют гумус - органиано-минеральный поглощающий комплекс, катионы которого могут быть заменены другими катионами, более энергично удерживаемыми почвами, например, натрий может быть заменен кальцием по реакции:



где Пк - радикал почвенного поглощающего комплекса, содержащий одну ионогенную группу.

В соответствии с общими закономерностями ионообменной селективности для почвенного поглощающего комплекса характерен следующий ряд ослабления сорбируемости:

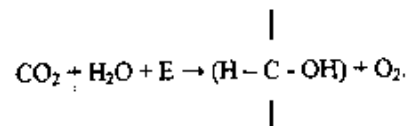


Процессы ионного обмена оказывают существенное влияние на формирование ионного состава как воды, так и почвы. В северных районах нашей страны, отличающихся избыточным увлажнением, из почвы извлекается большая часть катионов и формируются характерные кислые почвы Севера. С процессами ионного обмена связана и очень малая жесткость воды торфяных болот. Для болотной воды характерно повышенное содержание органических соединений, переходящих в воду из почв с высоким содержанием органических веществ.

3.4.3. Формирование состава воды в результате жизнедеятельности гидробионтов

Жизнедеятельность живых организмов существенно изменяет химический состав природных вод в результате весьма сложных и разнообразных процессов.

В процессе фотосинтеза создается продукция первичной биомассы по схеме:



Создаваемая таким образом биомасса растений является основой питания водных организмов и источником образования различных растворенных в воде органических соединений.

Разложение остатков отмерших растительных и животных организмов происходит под действием микроорганизмов. В зависимости от условий (аэробных или анаэробных) этот процесс может протекать с образованием различных простых минеральных соединений (CO_2 , H_2O , CH_4 , H_2S) и более сложных органоминеральных веществ, входящих в состав гумуса. При этом в

аэробных условиях происходит так называемое самоочищение водоемов, в результате которого они избавляются от отмерших организмов и продуктов их жизнедеятельности. Одновременно в воду возвращаются растворимые соединения азота и фосфора, необходимые для воспроизводства органического вещества при фотосинтезе.

В свою очередь, микроорганизмы и фитопланктон служат источниками питания для многочисленных организмов - фильтраторов, к которым относятся рачки, входящие в состав зоопланктона, моллюски, губки. Все они активно очищают воду, используя уловленные примеси для своего питания.

В частности, исследования, проведенные на озере Байкал, показали, что присущая этому озеру уникальная чистота и прозрачность воды поддерживается жизнедеятельностью водного биогеоценоза, в котором важную роль играет эндемичный рачок эпишура. Подсчитано, что популяция эпишуры профильтровывает через свои организмы ежегодно 1/3 всей массы воды, образующей в озере поверхностный слой толщиной 50 м. Взаимосвязь биоценоза и биотопа проявляется в данном случае в том, что эпишуре для обеспечения ее потребности в питании необходимо профильтровывать огромные, по сравнению с ее размерами, объемы воды.

Организмы, представляющие собой последующие звенья пищевых цепей, например, рыбы, также участвуют в биологическом круговороте вещества, накапливая органические вещества и биогенные элементы. Массовый вылов рыб рыбаками или птицами или человеком оказывает определенное влияние на баланс соединений азота и фосфора в данном водоеме.

Жизнедеятельность водных организмов изменяет состав растворенных в воде газов: при фотосинтезе увеличивается содержание растворенного в воде кислорода и уменьшается содержание углекислого газа. Обратный этому процесс происходит при дыхании водных организмов и биохимическом окислении органических веществ в аэробных условиях. При разложении органических веществ в анаэробных условиях в воду могут выделяться метан, кремний, медь, йод и другие элементы и соединения. Например, диатомовые

водоросли концентрируют кремний. Общеизвестна присущая экологическим системам способность накапливать по пищевым цепям тяжелые металлы и хлорорганические соединения.

На всех этапах формирования физико-химического состава природных вод существенное влияние оказывает хозяйственная деятельность человека, в результате которой из недр Земли извлекаются и вовлекаются в природный круговорот миллиарды тонн различных веществ, продукты переработки которых загрязняют атмосферу, почву, воды и воздействуют на природные экосистемы.

3.5. Химия речных и озерных вод

Из всех водных объектов реки и пресноводные озера имеют наибольшее практическое значение. Благодаря их широкому распространению на поверхности суши и малой минерализации вод они повсеместно используются как источники водоснабжения и приемники сточных вод и поэтому их состояние заслуживает пристального внимания.

Реки являются наиболее подвижной частью гидросферы. К их особенностям, от которых зависит гидрохимический режим и физико-химический состав воды, относятся:

- быстрая смена воды в русле;
- формирование физико-химического состава воды в поверхностных, и потому обычно хорошо промытых слоях литосферы;
- сильная зависимость водного режима от климатических и погодных условий;
- хорошее взаимодействие воды с атмосферой.

Озера, по сравнению с реками, имеют замедленный водообмен и большую площадь водяного зеркала. Поэтому влияние на минерализацию воды климатических условий и, в частности, соотношения количества выпадающих осадков и испаряющейся воды выражено для озер гораздо сильнее, чем для

рек. В регионах с засушливым климатом образуются бессточные озера, имеющие высокую минерализацию воды.

Создаваемые на реках водохранилища по своим гидрологическим и гидрохимическим особенностям близки к пресноводным озерам, однако необходимо учитывать, что в первоначальный период создания водохранилища наблюдается существенное ухудшение качества воды.

Озера и водохранилища в большей степени, чем реки, подвержены эвтрофикации.

3.5.1. Гидрохимический режим рек и озер

Под гидрохимическим режимом водного объекта понимается совокупность характерных изменений химического состава воды во времени года [14, 16]. Гидрохимический режим входит в более общий гидрологический режим как его составная часть, взаимосвязанная со всеми другими частями – водным, ледовым, термическим режимами.

Изучение гидрохимического режима различных водных объектов и характера его изменений при воздействии различных природных факторов и деятельности человека является одной из задач гидрохимии.

Вода рек и озер пополняется за счет выпадающих на территории суши атмосферных осадков, которые поступают в водные объекты различными путями (рис 7) [29].

Часть атмосферных осадков (1), выпадает непосредственно на поверхность водного зеркала. Для рек эта часть относительно невелика, но для неглубоких озер средней полосы России она составляет до 50 % всего водного питания. Значительная часть воды поступает в реки и озера в виде поверхностного стока (2), образующегося после сильных дождей или дружного таяния снегов. Остальная вода либо испаряется с поверхности суши, либо просачивается вглубь почв и грунтов, пополняя подземные воды, которые по условиям залегания подразделяются на грунтовые (3) и артезианские (4). Те и другие также служат источниками питания водой рек и озер.

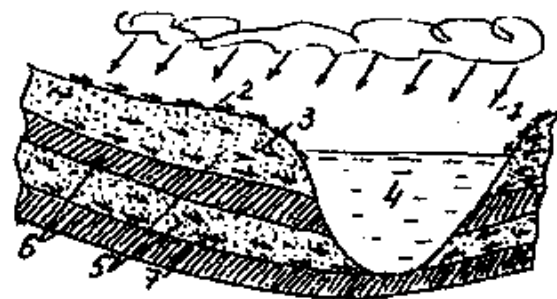


Рис. 7. Источники питания рек и озер:

1- атмосферные осадки; 2- поверхностный сток; 3- грунтовые воды; 4- река; 5 – водоносные слои; 6- водоупорные пласты; 7- артезианские воды

Несмотря на большое разнообразие физико-географических условий на территории России, для каждого из перечисленных четырех источников питания можно выделить характерные особенности химического состава.

В атмосферных осадках, состав которых зависит от состояния атмосферы, общее количество взвешенных и растворенных примесей (за исключением растворенных газов) относительно невелико.

Поверхностный сток лишь кратковременно соприкасается с поверхностным слоем почвенного покрова, но, тем не менее, интенсивно его промывает.

Характерной его особенностью является преобладание в его составе примесей взвешенных веществ, переходящих в воду в результате эрозии почв и грунтов. Содержание растворенных солей обычно невелико, но возрастает в районах недостаточного увлажнения, где соли могут накапливаться в почвах. Вместе с поверхностным стоком в реки и озера поступают такие антропогенные загрязнения, как зола, сажа, удобрения, ядохимикаты и др.

Состав грунтовых вод формируется под влиянием фильтрации воды через слои почв и грунтов при ее относительно длительном контакте с ними. В этих условиях повышается общее солесодержание и формируется богатый

ионный состав воды в результате процессов растворения солей и ионного обмена.

Одновременно благодаря фильтрации вода освобождается от большей части взвешенных веществ и микроорганизмов. Грунтовые воды обычно пригодны для водоснабжения и используются для этой цели в сельской местности путем сооружения колодезя.

Артезианские воды – это более глубокие подземные воды, залегающие между двумя водоупорными пластами и находящиеся под напором, благодаря чему при бурении скважин они выходят на поверхность в виде фонтанов. Такие условия залегания и длительный контакт с разнообразными минералами литосферы способствуют обогащению артезианских вод растворенными газами (чаще всего CO_2) и минеральными солями, в том числе, микроэлементами. Содержание взвешенных веществ и микроорганизмов, как правило, незначительно. Артезианские воды широко используются в лечебных целях в качестве минеральных вод.

Характерная для речных вод изменчивость их состава во времени и пространстве подчиняется определенным закономерностям, что дает возможность прогнозировать изменения химического состава речных вод, в частности, его сезонные изменения. Анализ этих изменений позволяет выявить тесную взаимосвязь гидрохимического режима реки с ее водным режимом, характеризующим зависимость величины речного стока от времени года.

Для незарегулированных рек восточно-европейского типа максимальный расход воды наблюдается в период весеннего половодья, минимальные расходы – зимой и летом, а выпадающие осенью дожди вызывают некоторое увеличение речного стока (осенний паводок).

Зимой, когда река покрыта льдом, единственным источником ее питания являются грунтовые и артезианские воды, характеризующиеся относительно высоким содержанием солей и малым содержанием взвешенных веществ, поэтому в зимний период речная вода имеет максимальное содержание солей и минимальную мутность. Напротив, в период весеннего половодья,

когда основной вклад в питание реки вносит поверхностный сток, образующийся при таянии снегов, мутность речной воды максимальна, а содержание солей минимально. По завершении половодья мутность воды уменьшается, а с наступлением периода осенних дождей вновь возрастает. Например, Волга у Оренбурга в весеннее половодье выносит 79% годового стока взвешенных веществ, летом и осенью – 19,5 %, а зимой лишь 1,5 %. Анализируя изменения содержания речной воды, можно в большинстве случаев выявить обратную зависимость между расходами воды и их содержанием.

На гидрохимический режим водных объектов оказывают влияние многочисленные природные и антропогенные факторы (рис. 8). Их воздействие может быть как непосредственным, так и косвенным, передающимся через цепочку изменений состояния окружающей среды.

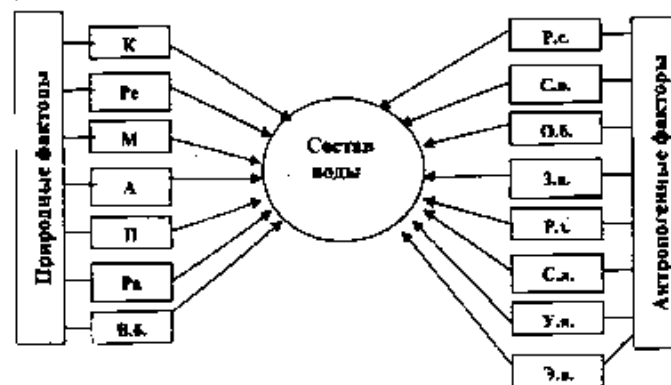


Рис. 8. Схема воздействия различных факторов на состав речных и озерных вод: Природные факторы: К-климат; Ре-рельеф местности; М-модуль стока; А-состав атмосферного воздуха; П- почвы и грунты; Ра- расклевываемость на территории водосбора; В.а.-водный биоценоз.

Антропогенные факторы: Р.с - регулирование речного стока; С.в - сброс сточных вод; О.б - осушка болот; За - загрязнение атмосферы; Р.з - распашка земель; С.л - сведение лесов; У.я - использование удобрений и ядохимикатов; Э.я - эвтрофирование водоемов

Из природных факторов наибольшее влияние на состав вод оказывает климат. В регионах с жарким и засушливым климатом создаются условия для образования бессточных озер с высоким содержанием солей.

К антропогенным факторам, оказывающим непосредственное воздействие на гидрохимический режим, относится регулирование речного стока,

сброс загрязненных сточных вод и эвтрофирование рек и озер путем обогащения их биогенными элементами – азотом и фосфором.

Регулирование речного стока путем строительства плотин, переброски воды из одного водного бассейна в другой, оказывает целую цепочку воздействий на состояние окружающей природной среды через изменение таких природных факторов, как микроклимат местности, характер растительности на территории водосбора, популяционный состав водных биоценозов. Под влиянием изменения климата и растительности происходит постепенное изменение почвы. В свою очередь, произошедшие в результате всего этого изменения гидрохимического режима реки, окажут свое воздействие на водный биоценоз.

К антропогенным факторам, оказывающим на гидрохимический режим косвенное воздействие, относятся, например, вырубка лесов на территории речного бассейна, которая оказывает влияние на гидрохимический режим преимущественно через изменение водного режима реки и относительной доли различных источников питания ее водой.

Понятно, что при комплексном воздействии на водоем различных факторов составление достоверных прогнозов весьма сложно, что в известной степени объясняет (хотя и не оправдывает) многочисленные ошибки и просчеты, связанные с водохозяйственной деятельностью.

Проведенная за последние десятилетия большая работа по созданию дамб, водохранилищ, каналов, орошению земель, осушке болот и т.п. дала результаты, оплаченные в ряде случаев слишком дорогой ценой.

Понимание закономерностей формирования гидрохимического режима водоемов и детальное ознакомление с химическим составом сточных и природных вод является необходимым условием для составления более надежных прогнозов и более осмысленной водохозяйственной деятельности.

3.5.2. Физико-химический состав природных и сточных вод

Под физико-химическим составом природных и сточных вод понимают

весь сложный комплекс содержащихся в них взвешенных и растворенных веществ.

Объединение в данном разделе природных и сточных вод оправдано, на наш взгляд, тем обстоятельством, что при современных масштабах водопотребления годовой объем сбрасываемых в водоемы сточных вод достигает 2000 км³, что составляет 5 % годового речного стока планеты. В реках, протекающих в промышленных регионах, процентное содержание поступающих в них сточных вод значительно выше.

Для удобства рассмотрения весь комплекс примесей, содержащихся в природных и сточных водах, может быть условно разделен на следующие группы:

1. Взвешенные минеральные и органические вещества.
2. Растворенные органические вещества.
3. Растворенные минеральные вещества (ионный состав).
4. Растворенные газы.

Условность приведенного подразделения связана со способностью многих химических элементов и соединений (N, P, S, CO₂ и др.) изменить свое фазовое состояние и переходить из одной среды в другую в процессах природного круговорота веществ.

Взвешенные вещества

Присутствие в речных и озерных водах взвешенных веществ природного происхождения (табл. 3, [12]) – песка, глины, ила, частиц плодородных почв – обусловлено, преимущественно процессами эрозии.

Эрозия – это разрушение почв и грунтов под действием текущих вод (водная эрозия) или ветра (ветровая эрозия). Водная эрозия подразделяется на склоновую и русловую. Продукты ветровой эрозии, переносимые пыльными бурями, также частично поступают в реки и озера, либо непосредственно осаждаются на поверхность водного зеркала, либо образуя на поверхности суши отложения, легко размываемые поверхностным стоком

Таблица 3

Взвешенные вещества природных вод

Взвесь	Размер частицы, мм (ориентировочно)	Гидравлическая крупность (скорость осаждения), мм/с
Песок:		
Крупный	1,0	100
Средний	0,5	53
Мелкий	0,1	6,9
Ил:		
Мелкий ил	0,027-0,05	0,5-1,7
Глина	0,0027	0,005

Интенсивность водной эрозии зависит от степени сопротивления почв и грунтов размыву и от энергии водотока. Растительность, особенно, лес, защищает почву от размыва, а распашка земель, напротив, способствует эрозии.

В связи с изложенным, становятся понятными как сезонные изменения содержания взвешенных веществ в речных водах, так и зональность распространения рек с различным содержанием взвешенных веществ в воде.

Зона с наименьшим среднегодовым содержанием взвешенных веществ (до 50 мг/л) соответствует географическим зонам тундры и леса. Реки степных районов содержат 150-500 мг/л взвешенных веществ, а некоторые реки, берущие начало в горах Кавказа-свыше 1 г/л.

С содержанием взвешенных веществ непосредственно связаны такие общеизвестные характеристики качества воды, как прозрачность и мутность. Поэтому борьба с эрозией необходима не только для сохранения плодородных почв, но и для улучшения качества природных вод. При размыве плодородных почв в водоемы поступают органические вещества и биогенные элементы, ускоряющие процессы эвтрофирования.

Другим источником взвешенных веществ, повышающих мутность воды, является развитие планктона (мельчайшие плавающие живые организмы и водоросли), которое наблюдается преимущественно в летние месяцы.

В отличие от продуктов эрозии, содержащих преимущественно минеральные вещества, в составе планктона преобладают органические вещества.

Сточные воды различных отраслей промышленности содержат в значительных количествах взвешенные вещества, в том числе волокно, гидроксиды и гидрокомплексы тяжелых металлов, осадки и шламы, выносимые из очистных сооружений и др. Так, например, осадки, образующиеся при очистке коагулированием нежской воды, на водопроводных станциях Санкт-Петербурга пока еще не подвергаются переработке и возвращаются в Неву.

По степени неблагоприятного воздействия на водные объекты антропогенные взвешенные вещества значительно превышают природные взвеси, поэтому допустимое увеличение концентрации взвешенных веществ в природных водах при сбросе сточных вод жестко нормируется «Правилами охраны поверхностных вод». Тем не менее, неблагоприятное воздействие токсичных компонентов, содержащихся во взвешенных веществах, отлагающихся на дно водоемов, наблюдается повсеместно. Это можно проследить на примере Ладожского озера, на дне которого стали образовываться "мертвые зоны" - обширные полисапробные территории [24]. Под влиянием токсичных поллютантов у гидробионтов, в частности у личинок хирономид, появляются серьезные морфологические отклонения. Признаки глубокой патологии в сообществе зоопланктона наблюдаются близ г. Питкяранты. Идет интенсивное накопление токсиантов в гидробионтах и передача их по пищевым цепям.

Растворенные органические вещества

В любой природной воде, являющейся средой обитания живых существ, всегда присутствуют растворенные органические вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности различных растительных и животных организмов. Именно присутствие сложного комплекса растворенных органических

веществ отличает природные воды от модельных растворов минеральных солей и газов в дистиллированной воде.

По своему происхождению органические вещества природных вод могут быть разделены на две группы:

- 1) поступающие извне с атмосферными осадками и поверхностным стоком;
- 2) образующиеся в самом водоеме.

Следует заметить, что до недавнего времени полагали, что незагрязненная атмосфера не содержит органических веществ (кроме метана) в концентрациях, заслуживающих внимания. Однако по данным, обобщенным В.А. Исидоровым [11], деревья, кустарники, мхи, лишайники, папоротники выделяют в атмосферу различные алифатические и ароматические углеводороды, спирты, альдегиды, кетоны, простые и сложные эфиры и др. (было идентифицировано более 90 соединений с числом атомов углерода от 1 до 15). Любопытно, что большую часть этих соединений (за исключением терпенов и терпеноидов) еще недавно причисляли к антропогенным загрязнителям, так как обнаруживали их в воздухе городов. Выполненные в 1993 году расчеты годовой глобальной эмиссии континентальной растительностью летучих органических веществ в атмосферу, основанные на учете соотношения между валовой первичной продукцией органического вещества и его потерями при дыхании и транспирации, дали впечатляющие результаты: 1350 млн. тонн/год. Однако, их накопления в приземном слое не происходит, так как они частично окисляются в самой атмосфере до CO_2 и H_2O , а частично вымываются атмосферными осадками. Следовательно, поступление растворенных органических веществ природного происхождения с атмосферными осадками заслуживает внимания как один из источников обогащения этими веществами природных вод.

Поступающие в поверхностный сток атмосферные осадки дополнительно обогащаются органическими соединениями, вымываемыми из почвы. Происхождение их связано с наличием в почвах гумуса или перегноя – свое-

образного комплекса органических и минеральных соединений, образующегося в результате разложения при определенных условиях растительных и животных организмов. Вода вымывает из гумуса органические кислоты и другие промежуточные продукты распада и гумификации.

В состав гумуса входят органические кислоты и их соли, существенно различающиеся по молекулярной массе и растворимости. В частности, водой можно экстрагировать из гумуса относительно низкомолекулярные и слабоокрашенные фульвокислоты, этиловым спиртом – гимномелановые кислоты с большей молекулярной массой, а растворами щелочей – гуминовые кислоты, придающие болотным водам интенсивную желтовато-коричневую окраску.

Гуминовые кислоты представляют собой высокомолекулярные соединения ($M=150-1500$), включающие циклические образования и ряд функциональных групп – фенолигидроксильные, карбоксильные, и др. Для гуминовых кислот характерно высокое содержание углерода при низком содержании азота (соотношение $\text{C}:\text{N} \geq 10:1$). Они способны окисляться сильными окислителями, но проявляют относительную устойчивость к биохимическому окислению и при определенных условиях накапливаются в водоемах.

От количества присутствующих в воде органических веществ зависит видовой состав гидробионтов, обитающих в природных водах. В табл. 4 [4] приводится классификация природных вод по сапробности, т.е. по степени загрязнения органическими веществами. Олиго-, мезо- и полисапробы – соответственно организмы, обитающие в водах малой, средней и высокой загрязненности.

Другими источниками обогащения природных вод органическими соединениями является их образование в самом водоеме в результате развития и последующего отмирания водорослей, а также жизнедеятельности водных животных.

Наиболее устойчивая к окислению часть этих соединений аналогична гумусовым веществам почвы.

Кислоты, входящие в состав гумуса, обладают способностью сорбировать металлы, особенно тяжелые и образовывать с ними комплексные соединения, благодаря чему они играют важную роль в переносе многих элементов природными водами. Металлоорганические комплексы, по-видимому, представляют собой наиболее легко усваиваемую форму питания растений микроэлементами и, вместе с тем, создают предпосылки для распространения тяжелых металлов по пищевым цепям водных экосистем.

Таблица 4

Краткая характеристика различных вод

Критерий	Классификация вод по степени загрязненности (по сапробности)			
	низкая загрязненность (олигосапробы)	средняя загрязненность		высокая загрязненность (полисапробы)
		α- мезосапробы	β- мезосапробы	
Содержание O ₂	8 мг/л	6 мг/л	2 мг/л	< 2 мг/л
БПК ₅	1 мг/л	2-6 мгO ₂ /л	7-13 мгO ₂ /л	15 мгO ₂ /л
Кол-во планктона	малое	большое	среднее	малое
Количество рыбы	малое	большое	среднее	отсутствует
Видовой состав	Аэробные бактерии	Нитрифицирующие бактерии	Анаэробные бактерии	Анаэробные бактерии
	Водоросли	Водоросли	Сине-зеленые водоросли	Сине-зеленые водоросли
	Коловратки	Креветки	Простейшие	Простейшие
	Плываюны	Улитки	Пиявки	Реснитчатые инфузории, грибы
	Икра, лосось	Многообразие разных видов рыб	Мало видов рыб	Отсутствуют рыбы

Многообразие компонентов растворенного в природных водах органического вещества и очень малые их концентрации, измеряемые микрограммами на литр, затрудняют проведение детальных исследований этой части состава природных вод. Для количественной характеристики суммарного содержания растворенных органических веществ обычно применяют методы, основанные на их окислении: ХПК, перманганатную окисляемость, БПК. Цветность природных вод России достигает максимальных значений на за-

болоченных территориях таежной зоны, снижается в лесостепной зоне и становится минимальной в степных районах. Причиной такой закономерности, вероятно, является более быстрый и полный распад органических веществ в южных широтах.

Легкоокисляемые органические вещества в процессе их аэробного окисления микроорганизмами разлагаются до воды и углекислого газа с выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности микроорганизмов.

Например, окисление глюкозы протекает по реакции:



Аэробное окисление играет важную роль в процессах самоочищения водоемов от органических веществ.

Состав поступающих в водоемы со сточными водами органических соединений очень разнообразен. Так, в производстве синтетического каучука в сточные воды переходит несколько десятков органических соединений, в том числе, спирты, эфиры, альдегиды, непредельные углеводороды, органические кислоты и их соли.

В сточных водах производства пластмасс содержатся фенолы и их производные, ацетон, стирол, дивинилбензол, а также многие другие соединения, в том числе хлорорганические соединения (дихлорэтан, хлорбензол и др.), опасные тем, что они способны накапливаться по пищевым цепям экологических систем.

Большое количество органических веществ поступает в водоемы со сточными водами целлюлозно-бумажных предприятий, а при использовании на них хлора и его соединений для отбелики целлюлозы возможно загрязнение водоемов хлорорганическими соединениями.

Почти повсеместно наблюдается поступление в водоемы нефтепродуктов, которые ввиду их малой растворимости, загрязняют главным образом поверхность и дно водоемов. Один кг нефти способен образовать на водной поверхности пленку площадью 1 га. В загрязненных нефтепродуктами реках создается непроходимый для многих рыб барьер. Накопление нефтяных от-

ложений (мазута) на дне водоемов может приводить к созданию анаэробных условий и явиться источником вторичного загрязнения.

Широкое использование в промышленности и быту моющих средств (детергентов) и других поверхностно-активных веществ приводит к образованию сточных вод, несущих стойкую пену, которая резко ухудшает условия аэрации водоема.

Сильное неблагоприятное влияние на водоемы оказывает поступление в них с поверхностным стоком различных ядохимикатов: гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, используемых в сельском и лесном хозяйстве. С поверхностным стоком поступают в водоемы и применяемые в сельском хозяйстве удобрения, содержащие соединения азота и фосфора, что вносит существенный вклад в процессы эвтрофирования водоемов. Другой причиной антропогенного эвтрофирования водоемов является регулирование стока рек путем создания на них плотин и водохранилищ. Процессы эвтрофирования приводят к постепенному повышению концентраций растворенных органических веществ вследствие их образования в самом водоеме в процессе биологического круговорота веществ.

При этом отмирающие сине-зеленые водоросли продуцируют такие токсичные вещества как фенолы, индол, скатол. Рыбы покидают эти водоемы, вода в них становится непригодной не только для питья, но даже для рекреационных целей. Проблема эвтрофирования достаточно серьезна, так как в России насчитывается свыше 100 водохранилищ с общей площадью мелководий, измеряемой тысячами квадратных километров [5].

Именно на мелководьях создаются исключительно благоприятные условия для развития сине-зеленых водорослей, среди которых есть виды, вызывающие так называемое "цветение" воды [15].

Растворенные минеральные вещества

Растворенные минеральные вещества присутствуют в воде в виде ио-

нов, суммарная концентрация которых определяет величину общей минерализации (или солесодержания) воды.

Природные воды подразделяют на пресные (солесодержание до 1 г/л), солоноватые (1-25 г/л) и соленые (более 25 г/л). Для пресных вод различают малую минерализацию – до 200 мг/л, среднюю – 200-500 мг/л и повышенную – 500-1000 мг/л.

Ионный состав речных и озерных вод формируется в процессе природного круговорота воды. При испарении воды вместе с водяными парами увлекаются в атмосферу частицы солей, а ветер, срывая пену с морских волн, переносит на значительное расстояние мельчайшие капельки соленой воды. По данным [22], среднее солесодержание воды облаков составляет около 34 мг/л. Дальнейшее обогащение воды атмосферных осадков солями происходит в результате ее контакта и взаимодействия с почвами и минералами литосферы.

В природных водах обычно содержатся катионы H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} и другие, и анионы: OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , $HSiO_3^-$, HS^- , Cl^- , F^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , BO_3^{3-} , PO_4^{3-} . Из них к главным ионам, вносящим решающий вклад в величину общего солесодержания, относятся семь ионов: катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , и анионы HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . Из других ионов значительные концентрации (до нескольких десятков мг/л) наблюдаются при определенных условиях для Fe^{2+} , Br^- , I^- . Остальные ионы присутствуют в концентрациях от долей мг/л до нескольких мг/л и их можно отнести к микроэлементам.

В очень малых концентрациях, измеряемых миллионными долями мг/л, в природных водах присутствуют радиоактивные элементы, в частности, U^{238} и Ra^{226} .

Соли многих металлов, особенно тяжелых, в водной среде подвергаются гидролизу с образованием малорастворимых основных солей и гидроксидов. Это обстоятельство, с одной стороны, ограничивает возможные концен-

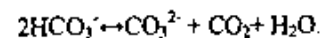
трации данных химических элементов в природных водах, а с другой стороны – обуславливает возможность их присутствия в виде не только истинных, но и коллоидных растворов. Кроме того, катионы Cu^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} и др. весьма склонны вступать в реакции комплексообразования с присутствующими в воде гумусовыми кислотами и поглощаться ими в процессах адсорбции и ионного обмена.

Учитывая преобладание главных ионов в ионном составе природных вод, О. А. Алекян [1] предложил классификацию природных вод по солевого составу, которая подразделяет их по преобладающему в эквивалентном выражении аниону на три класса: гидрокарбонатные (HCO_3^-), сульфатные (SO_4^{2-}), хлоридные (Cl^-). Каждый класс подразделяется по преобладающему катиону на три группы: кальциевую, магниевую и натриевую. Группы, в свою очередь, подразделяются на типы, определяемые соотношением нормальных концентраций некоторых главных ионов.

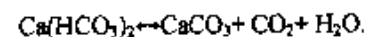
Между солевым составом и их общим содержанием существует четкая взаимосвязь. Пресные воды малой и средней минерализации, преобладающие в северных регионах России, относятся, как правило, к гидрокарбонатному классу, воды сульфатного класса встречаются среди пресных вод повышенной минерализации и соленоватых вод, распространенных на юге страны, а все соленые воды относятся к хлоридному классу. Причина этой закономерности связана с различной растворимостью солей одного из главных ионов – кальция, резко возрастающей в ряду карбонат-сульфат-хлорид. Вследствие ограниченной растворимости сульфата и, особенно, карбоната кальция, повышение концентрации соответствующих анионов возможно лишь до определенных пределов, при достижении которых происходит образование осадков.

В частности, в результате осаждения карбоната кальция из природных вод образуются мощные пласты известняка и мела. Вместе с тем, образование известняков не является необратимым процессом, так как в растворах

гидрокарбонатов, к которым относятся природные воды, существует динамическое равновесие между различными формами угольной кислоты:



В присутствии ионов кальция это уравнение определяет условие равновесия между растворимым гидрокарбонатом и малорастворимым карбонатом кальция:



В природе этот процесс, протекающий при участии содержащих CO_2 подземных вод, приводит к постепенному растворению известняков, в результате чего образуются пещеры с характерными для них сталактитами и сталагмитами.

Многие присутствующие в воде элементы необходимы для нормального развития растений и животных, а также и человека. Общеизвестно, что недостаточное содержание в воде биогенных элементов – азота и фосфора (в форме их растворенных солей) лимитирует развитие водной растительности.

Необходимый растениям калий повсеместно присутствует в составе природных вод как один из главных элементов и водная растительность обычно не испытывает в нем недостатка. К числу необходимых для питания растений микроэлементов относятся медь, цинк, марганец, ванадий, кобальт, бор и др.

Для человека важное значение имеет содержание в питьевой воде железа, которое входит в состав гемоглобина крови, фтора – недостаток которого приводит к кариесу, бола, при содержании которого менее 0,081 мг/л учащаются случаи заболевания эндемическим зобом, а также ряда других микроэлементов. Кстати, все микроэлементы, находящиеся в природных водах, присутствуют и в человеческом организме. В нем обнаружены в ничтожных концентрациях, даже такие элементы как кадмий и ртуть, которые концентрируются в печени и почках [19]. Их биологическая роль пока не ясна.

Общее количество растворенных солей, выносимых с территории России, составляет около 300 млн т/год. Ионный сток Ru (количество солей, пе-

реносимых рекой в единицу времени, кг/с, связан с величиной общего соле- содержания, $S, г/м^3$, соотношением:

$$Ru = (S \cdot Q) / 1000, \text{ где } Q - \text{расход воды в реке, } м^3/с.$$

Особое положение в составе природных вод занимают ионы водорода. Их концентрация ничтожна и по этому показателю они уступают большинству присутствующих в воде микроэлементов. Тем не менее, роль ионов водорода в природных водах чрезвычайно велика и в ряде случаев именно их концентрация лимитирует развитие в водоемах флоры и фауны.

Ионы водорода всегда присутствуют в природной воде, так как образуются при ее диссоциации по реакции: $2H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$ или в условной записи $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$.

Из выражения константы равновесия K этой реакции следует:

$$K = (f_H [H^+] \cdot f_{OH} [OH^-]) / [H_2O],$$

$f_H [H^+] \cdot f_{OH} [OH^-] = K \cdot [H_2O] = K_w$, или $pH + pOH = pK_w$, где f_H и f_{OH} коэффициенты активности, $[H^+]$ и $[OH^-]$ — концентрации соответствующих ионов, $[H_2O]$ — концентрация недиссоциированных молекул воды — постоянная величина, равная $1000/18 = 55$ моль/л, K_w — ионное произведение воды.

При комнатной температуре (точнее при $22^\circ C$) диссоциирует одна миллионная часть всех молекул воды. В этом случае $pH = pOH = 7$, $K_w = 14$. При изменении температуры воды от $0^\circ C$ до $100^\circ C$ pK_w изменяется от 14,89 до 12,13.

Реальные величины pH природных вод изменяются в пределах 3,0 — 9,5 (рис 9).

Отклонения pH природных вод от нейтрального значения связаны с наличием в них соединений, обуславливающих кислотность или щелочность в результате процессов: растворения газов, образующих кислоты и щелочи, вымывания из почв гумусовых кислот, гидролиза солей, деятельности микроорганизмов и др.

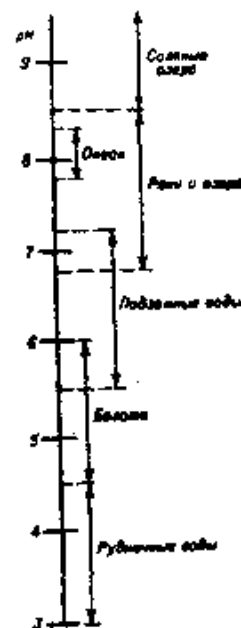


Рис. 9. Величины pH, наиболее характерные для разных природных вод

С величиной pH связан окислительно-восстановительный потенциал Eh (редокс-потенциал), от значений которого зависят формы (окисленные или восстановленные) присутствия химических элементов или их соединений в природных водах.

Взаимосвязь между величиной Eh и соотношением концентраций окисленной ox и восстановленной red форм данного элемента или соединения выражается известным выражением Нернста:

$Eh = Eh^0 + (0,0591/n) \lg ([ox] \cdot [H^+]^m) / [red]$, где Eh^0 — нормальный окислительно-восстановительный потенциал данной системы, n — число электронов, участвующих в реакции, m — число ионов водорода (если они участвуют в реакции). Изменение Eh^0 природных вод позволяет судить о наличии в них окислителей или восстановителей. Значение Eh для природных вод обычно колеблется в пределах от $-0,4$ до $+0,7$ В. Диаграмма состояния pH- Eh (рис.

10) дает наглядное представление о химических особенностях различных видов природных вод.

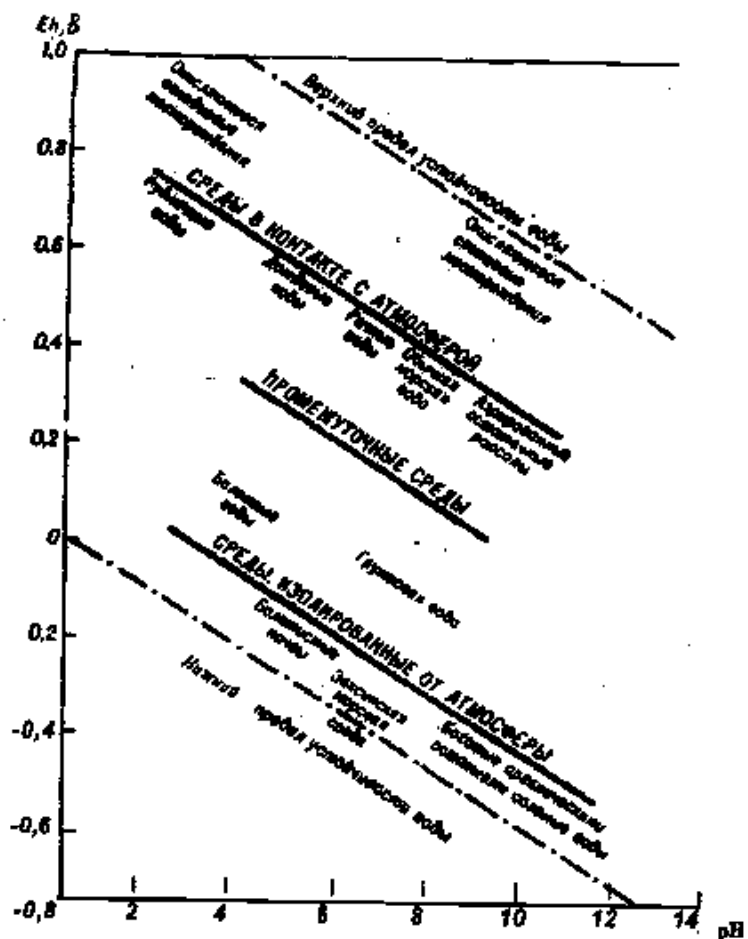


Рис. 10. Зависимость некоторых природных сред от Eh и pH

На этой диаграмме штрих-пунктирными линиями ограничена область термодинамической устойчивости самой воды. При более низких потенциалах вода разлагается сильными восстановителями (например, металлическим натрием) с выделением водорода, а при более высоких – сильными окислителями с выделением кислорода.

Человеческая деятельность, как правило, приводит к существенному повышению общего соле содержания пресных поверхностных вод и к значительным изменениям их ионного состава. Примером может служить сброс промышленных сточных вод с высокой концентрацией электролитов. Например, при получении соды из хлористого натрия по способу Сольве образуются сточные воды, представляющие собой весьма концентрированные (10 % и выше) растворы хлоридов, в основном, натрия и кальция. Для уменьшения степени воздействия подобных стоков на речную воду практикуется их накопление на обвалованной территории в так называемых "белых морях" со спуском в реки в период весеннего половодья.

Практически, большая часть всех добываемых и вырабатываемых солей, кислот и щелочей после их использования поступает в водоемы в виде растворов электролитов. Примерами могут служить следующие процессы:

- Использование реагентных методов очистки природных и сточных вод (например, коагулирования), повышающих содержание очищенной воды по сравнению с исходной. Не составляют исключения и многочисленные ионитовые установки обессоливания воды, так как образующиеся при их эксплуатации отработанные регенерационные растворы обычно сбрасываются в водоемы, а с ними возвращается значительно больше солей, чем было изъято из воды при обессоливании.
- Загрязнение атмосферы кислотообразующими газами, приводящее к выпадению кислотных дождей, а также пылью, содержащей оксиды металлов.
- Применение соли в городах для ускорения таяния снега.
- Применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве.
- Использование воды для орошения полей в засушливых районах, нередко приводящее к засолению воды и почвы.
- Создание мелководных водохранилищ с большой площадью водного зеркала, что приводит к концентрированию солей в воде вследствие испарения ее потерь на испарение.

- Добыча полезных ископаемых открытым способом. В результате процессов окисления сульфидов металлов не только повышается содержание воды, заполняющей карьеры, но она становится непригодной для использования вследствие снижения pH и повышения концентрации ионов тяжелых металлов (медь, свинец, цинк, никель, ртуть, кадмий и др.), ПДК которых жестко лимитируются, в особенности для водоемов рыбохозяйственного значения.

В загрязнение природных вод тяжелыми металлами существенный вклад вносит широкое использование этих металлов для нанесения гальванических покрытий, улучшающих внешний вид и коррозионную стойкость металлических изделий. В частности, сброс недостаточно очищенных сточных вод гальванических предприятий и цехов привел к загрязнению тяжелыми металлами выше ПДК многих рек и озер Северо-Западного региона.

Характерной особенностью тяжелых металлов является их способность к накоплению по пищевым цепям в экологических системах (рис. 11 [27]).

Различные тяжелые металлы оказывают разное действие на организм, вызывая те или иные симптомы заболеваний, что в первую очередь связано с различиями характера распределения отдельных металлов в организме. При этом избирательно повреждаются различные органы и ткани. Так, например, кадмий преимущественно отлагается в костях, метил - ртуть - в клетках центральной нервной системы, хром (VI) блокирует многие ферменты печени. Наряду с этими предпочтительными органами воздействия присутствие тяжелых металлов можно установить и во многих других тканях [19, 24].

У растений устойчивость к действию тяжелых металлов выше, чем у людей и животных. В растениях тяжелые металлы могут отлагаться в клеточных стенках (целлюлоза) или в клеточных вакуолях с образованием хелатов. В этих случаях тяжелые металлы становятся физиологически неактивными. Поэтому необходимо обращать особое внимание на содержание тяжелых металлов в растениях, употребляемых в пищу. Растения могут нормаль-

но развиваться благодаря их специфическому механизму обеззараживания даже при таких концентрациях тяжелых металлов, которые для человека являются токсичными [27].

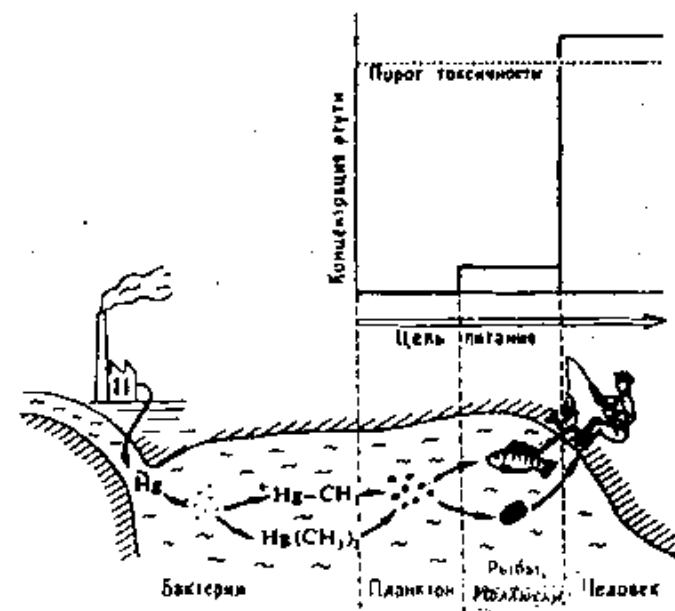


Рис. 11. Макробиологический метаболизм ртути в воде и ее накопление в цепи питания

Повышение общего содержания природных вод увеличивает стоимость обессоливания воды для потребителей, нуждающихся в такой воде (теплоэнергетика, радиоэлектроника, производство беззольных фильтров и др.). При этом повышается расход реагентов при эксплуатации установок ионообменного обессоливания, что, в свою очередь, может приводить к дальнейшему повышению содержания природных вод.

Резкое ухудшение качества природных вод наблюдается при сбросе свободных кислот и щелочей.

Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами устанавливают, что значения pH речных и озерных вод не должны выходить за пределы 6,5-8,5.

Изменение pH природных вод оказывает влияние не только на возможность существования в них гидробионтов, но и на возможность и условия хозяйственного использования воды. При низких значениях pH вода становится коррозионно-агрессивной и постепенно разрушает железобетонные гидротехнические или водоочистные сооружения. При повышении pH возникает тенденция к выпадению из воды карбоната кальция в результате сдвига углекислотного равновесия. Использование такой воды может приводить к образованию отложений на внутренних стенках транспортирующих воду труб и к снижению их пропускной способности.

Вода не будет растворять CaCO_3 и выделять его в осадок в том случае, когда содержание в ней свободной углекислоты совпадает с равновесной концентрацией последней. Такая вода называется стабильной.

Для оценки стабильности используют экспериментальный и расчетный методы. Экспериментально отклонение воды от стабильного состояния можно оценить по изменению концентрации ионов кальция в воде, приведенной в контакт с карбонатом кальция.

Более широкое распространение получил расчетный метод, предложенный Лангжелье и основанный на определении величины pH, которая соответствует для данной воды стабильному состоянию и обозначается pH_s . Полученную им расчетную формулу символически можно представить в следующем виде:

$$\text{pH}_s = f_1(t) - f_2(\text{Ca}^{2+}) - f_3(\text{Щ}) + f_4(\text{P}),$$

где $f_1(t)$ - функция температуры воды;
 $f_2(\text{Ca}^{2+})$ - функция содержания в ней ионов кальция;
 $f_3(\text{Щ})$ - функция общей щелочности воды;
 $f_4(\text{P})$ - функция общего солесодержания воды.

Для облегчения расчетов составлен график (рис. 12), пользуясь которым находят pH_s как алгебраическую сумму значений всех четырех функций.

соответствующих параметрам данной воды. Полученную величину pH_s сопоставляют с измеренной величиной и определяют индекс стабильности J:

$J = \text{pH} - \text{pH}_s$. Если $\text{pH} > \text{pH}_s$, то J - положительный, вода нестабильна и выделяет в осадок CaCO_3 . При $\text{pH} < \text{pH}_s$ J - отрицательный, вода коррозионно-агрессивна;

$\text{pH} = \text{pH}_s$ (J=0) соответствует стабильному состоянию воды.

Природные воды с высокой жесткостью, как правило, нестабильны, а мягкие воды северных районов с низкими величинами щелочности и pH отличаются повышенной коррозионной агрессивностью.

Опаснейшим видом антропогенных загрязнений несущим угрозу не только поверхностным водам суши, но и Мировому океану, являются радиоактивные элементы, способные накапливаться в растительных и животных организмах.

Установленные ПДК их в природных водах очень малы. Так, для стронция⁹⁰ - ПДК = $3 \cdot 10^{-11}$ Кюри/л, что составляет $3,6 \cdot 10^{-9}$ мг/л, для рутения¹⁰⁶ - $3 \cdot 10^{-9}$ Кюри/л ($3 \cdot 10^{-8}$ мг/л), для цезия¹³⁷ - $1 \cdot 10^{-9}$ Кюри/л ($1,26 \cdot 10^{-7}$ мг/л).

Одним из основных источников радиоактивного загрязнения водоемов может быть отвод воды с работающих атомных электростанций (АЭС) в водоемы-охладители, в качестве которых используют озера и водохранилища или их части, отгороженные дамбой. По действующим санитарным правилам водоем-охладитель АЭС должен быть доступен к использованию для рекреации и других народнохозяйственных целей, запрещается лишь использование водоемов-охладителей АЭС для централизованного водоснабжения. По этой

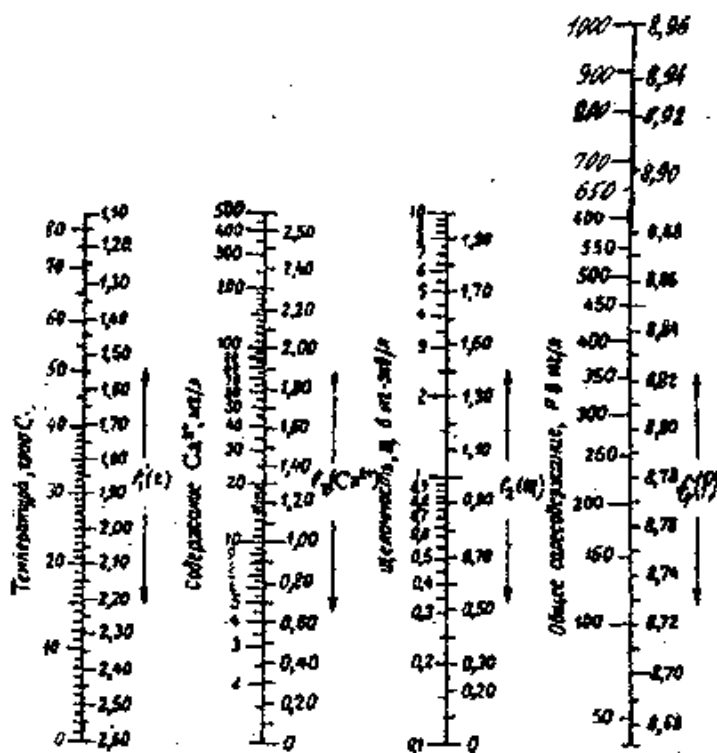


Рис.12 График для определения величины рН,

Реальные поступления радионуклидов с жидкими стоками в водоемы-охладители много меньше, чем допустимый сброс радионуклидов в водоем, рассчитанный с учетом особенностей его экосистем.

Для быстрого определения количественного содержания примесей ионного состава в природных и сточных водах обычно используют солемеры, основанные на измерении электропроводности воды (кондуктометрический метод).

Применяя этот метод, следует учитывать, что различные ионы имеют разную подвижность в электрическом поле, а различные соли и разные степени диссоциации (рис. 13).

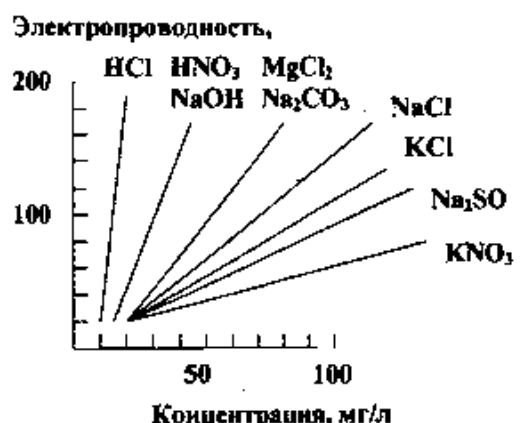


Рис.13 Электропроводность некоторых разбавленных растворов [27]

причине поступление радионуклидов в водоемы-охладители (как и другие водоемы, реки и каналы) очень жестко лимитируется.

Нуклидный состав сбрасываемой в водоемы-охладители активности характеризуют данные таблицы 5 [9].

Таблица 5

Средний нуклидный состав активности в сбросных водах после достаточно длительной работы АЭС

Нуклид	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	⁶⁰ Co	⁵⁸ Co	⁵⁴ Mn	⁵⁹ Fe	⁵¹ Cr	¹³¹ I
Доля, %	25-35	5-20	5-10	~5	До 10	10-15	До 20	~2

Определение электропроводности широко применяются для приближенной оценки соленосодержания различных вод, в том числе, сточных (рис.14 [27]).

Для более полной характеристики воды и выяснения возможности ее использования, например, в качестве питьевой, необходимо качественное и количественное определение вредных компонентов.

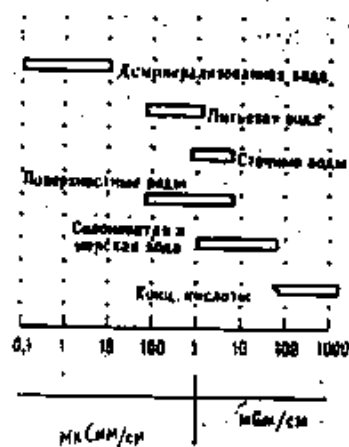


Рис. 14. Электропроводность воды различного назначения и водных растворов [27]

Растворенные газы

Растворенные газы в природных водах, находящихся в контакте с атмосферой, представлены, прежде всего газами, входящими в состав атмосферы. Атмосфера Земли состоит преимущественно из азота (78,08 %) и кислорода (20,95 %) с небольшой примесью других газов, среди которых наибольшие концентрации имеет аргон (0,934 %) и диоксид углерода ($3,65 \cdot 10^{-2}$ %) [11].

Растворимость газов в воде зависит от их химической природы, температуры, давления и (в меньшей степени) от солевого содержания воды. Большая растворимость характерна для газов, вступающих в химическое взаимодействие с водой (CO_2 , H_2S и др.). С повышением температуры растворимость газов обычно падает, что связано с повышением кинетической энергии молекул газа, способствующей преодолению притяжения их молекулами воды. Процесс растворения газов в воде обратим и при выравнивании скоростей абсорбции и десорбции газа устанавливается равновесие между его концен-

трациями в газовой фазе и в растворе. Равновесная концентрация газов в растворе характеризует величину растворимости данного газа.

Если вода находится в контакте со смесью газов, то по закону Генри-Дальтона при заданной температуре

$$C_i = K_i \cdot p_i,$$

где C_i — растворимость i -го газа, мг/л, p_i — его парциальное давление, атм.

При $p_i = 1$ атм. $C_i = K_i$, следовательно коэффициент K_i представляет собой растворимость газа в воде при заданной температуре и парциальном давлении 1 атм.

Из растворенных в воде газов наибольшее значение для гидробионтов имеют кислород и углекислый газ.

Данные по растворимости их в воде в зависимости от температуры приводятся в таблице 6 [4].

Таблица 6

Растворимость кислорода и углекислого газа, мг/л

Температура, °C	O_2 ($p_i = 0,21$)		CO_2 ($p_i = 0,0003$)	
	K_i	C_i	K_i	C_i
0	69,5	14,6	3350	1,00
10	53,7	11,3	2310	0,69
25	39,3	8,3	1450	0,43
50	26,6	5,6	760	0,23
100	0,0	0,0	0,0	0,0

Растворимость газов понижается с увеличением солевого содержания воды. Например, при повышении солевого содержания воды до 40 г/л, нормальная растворимость кислорода снижается примерно на 25 %.

На газовый состав природных вод, помимо контакта с атмосферой, могут оказывать влияние протекающие в водоемах биохимические процессы, в

результате которых вода обогащается в аэробных условиях углекислым газом, а в анаэробных – метаном и сероводородом. Обогащение природных поверхностных вод углекислым газом и сероводородом может происходить также в результате поступления в них подземных вод.

Обогащению воды растворенным кислородом способствуют, кроме контакта с атмосферой, процессы фотосинтеза, а снижению содержания O_2 в воде – его потребление при дыхании живых организмов и окислении органических и минеральных веществ.

В отличие от кислорода, углекислый газ обычно выделяется в атмосферу из пресных поверхностных вод, так как его концентрация в них превышает равновесные значения. CO_2 потребляется при фотосинтезе и выделяется в воду при дыхании водных организмов и окислении органических веществ.

Противоположная направленность процессов для O_2 и CO_2 приводит в непроточных и малоточных водоемах к различному распределению этих газов по глубине водоема: верхние слои обогащаются кислородом, а нижние – углекислым газом. Выравнивание их концентраций в процессе диффузии происходит очень медленно. Процессы, влияющие на содержание O_2 и CO_2 в природных водах, зависят в свою очередь, от температуры, наличия дневного света и ледового покрова, поэтому концентрации растворенных в воде газов подвержены закономерным сезонным и суточным колебаниям.

О снижении кислородного дефицита можно судить по величине относительного содержания кислорода $[O_2]$, которое выражают в процентах от равновесной концентрации и вычисляют по формуле:

$$[O_2] = (a \cdot 760 - 100) / N^{\circ} \cdot P,$$

где a – определенная анализом концентрация O_2 в пробе воды, мг/л; N° – равновесная концентрация при данной температуре, солесодержании и атмосферном давлении 760мм; P – атмосферное давление в момент отбора пробы, мм.

К антропогенным процессам, влияющим на состав и содержание растворенных газов в природных водах, относятся:

- Загрязнение атмосферы газами, образующиеся в производственных процессах и при сжигании топлива. К таким газам относятся CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , NH_3 , CH_3SH , и др.

- Сброс сточных вод, содержащих растворенные газы (H_2S , NH_3 , CH_3SH и др.), а также органические и минеральные вещества, окисляемые растворенным в воде кислородом.

- Антропогенное эвтрофирование водоемов, приводящее к кислородному дефициту и развитию гнилостных процессов, связанных с разложением органических веществ в анаэробных условиях или при сильном кислородном дефиците. В условиях глубокого эвтрофирования водоемов причиной образования сероводорода может быть деятельность анаэробных сульфатредуцирующих бактерий, способных восстанавливать сульфаты до сульфидов, которые генерируют сероводород при понижении pH воды в результате воздействия CO_2 или других кислотных агентов. Сероводород, обладающий высокой токсичностью, оказывает губительное воздействие на водную флору и фауну, а разложение погибших организмов в анаэробных условиях, в свою очередь, приводит к повышению концентрации сероводорода в воде до такой степени, что водоем становится источником загрязнения атмосферного воздуха.

Из изложенного следует, что наиболее распространенным и опасным направлением изменения газового состава природных вод в результате человеческой деятельности является формирование кислородного дефицита.

Ослабить это влияние можно путем широкого использования процессов аэрации природных вод.

3.6. Химия подземных вод

Природные воды, заполняя пустоты и трещины и капилляры, пропитывает все породы земной коры, иногда образуя подземные водоемы значительной мощности

Суммарное количество подземных вод не поддается точной оценке. По данным различных авторов оно составляет от 4 до 40% всей присутствующей в гидросфере воды [1,7,8].

Рассматривая подземные воды, необходимо отметить следующие особенности, определяющие формирование их химического состава:

1. Тесный и длительный контакт с разнообразными породами и минералами земной коры, облегчающий переход различных химических элементов и их соединений в раствор.
2. Наличие водоупорных слоев, разделяющих определенные горизонты подземных вод и препятствующих водообмену, что способствует созданию разнообразия в составе подземных вод и инертности в его изменениях.
3. Затрудненность связи с атмосферой, которая присутствует лишь в верхних водных слоях, а в нижележащих горизонтах сначала ослабевает, а затем вовсе прекращается.
4. Ослабление биологических процессов, которые в подземных водах, за исключением вод карстовых районов, ограничиваются жизнедеятельностью микроорганизмов.

Перечисленные особенности подземных вод определяют следующие основные черты их химического состава:

- А. Разнообразие общей минерализации и химического состава. Встречаются воды всех типов от пресных до рассолов, причем содержание ионов изменяется от нескольких десятков мг/л до 600 – 650 г/л, а химический состав характеризуется исключительным разнообразием присутствующих ионов и растворенных газов.
- Б. Отсутствие у большинства глубинных подземных вод ясно выраженного гидрохимического режима, то есть заметного изменения химического состава по сезонам года. Изменения химического состава происходят крайне замедленно.

По глубине залегания подземные воды разделяются на следующие три зоны:

1. Зона активного водообмена (верхняя зона). Воды этой зоны – грунтовые воды-дренируются реками, подвержены воздействию кислорода и фильтрующихся сверху поверхностных вод. Воды, образующиеся в зоне избыточного увлажнения, преимущественно пресные, используются для питьевого, хозяйственного и промышленного водоснабжения. Грунтовые воды, образующиеся в зонах недостаточного увлажнения, имеют повышенную минерализацию.
2. Зона затрудненного водообмена (средняя зона). Формирование химического состава вод этой зоны – артезианских вод – происходит значительно сложнее. Воды обновляются медленно, а их состав чрезвычайно разнообразен. С увеличением глубины залегания обычно возрастает минерализация и изменяется состав растворенных газов – падает до очень малых величин концентрация кислорода, возрастает содержание CO_2 , а на еще больших глубинах – CH_4 . При наличии в воде органических веществ, что обычно наблюдается вблизи нефтяных залежей, возможна деятельность анаэробных сульфатредуцирующих бактерий, присутствие которых обнаружено на различных глубинах вплоть до очень больших (до 3000 метров) [7].
3. Воды нижней зоны – воды закрытых структур. Они занимают самые глубокие слои артезианских бассейнов, но в гидрологически изолированных (закрытых) структурах могут располагаться и ближе к поверхности. Для этих вод характерна высокая степень минерализации с преобладанием ионов Cl^- , Na^+ и Ca^{2+} . При этом величина общего содержания изменяется в широких пределах – от 10 г/л до 350 г/л и более.

Подземные воды, используемые в лечебных целях, благодаря особенностям их ионного и газового состава и наличию ряда микроэлементов (Fe^{2+} , Br , Y , CO_2 , радон и другие), получили название минеральных вод. Соле-содержание минеральных вод изменяется в широких пределах – от 2 г/л (во-

ды слабой минерализации) до 150 г/л и выше (рассольные воды). Минеральные воды питьевого назначения имеют умеренное солесодержание, а минеральные воды, используемые для ванн – более высокое.

- При использовании подземных вод необходимо определение их эксплуатационных запасов, то есть того количества подземных вод, которое может быть получено из водоносного горизонта в единицу времени без прогрессирующего снижения дебита и ухудшения качества воды.

Неконтролируемое использование подземных вод, а также практика закачки сточных вод в глубокие горизонты могут нанести существенный ущерб весьма ценным природным ресурсам – подземным водам.

3.7. Введение в химию океана

Воды океана представляют собой сложную многокомпонентную систему. В воды океана с материков, из атмосферы и из недр Земли непрерывно поступают различные химические соединения. В то же время океан и сам служит источником солей, поставляемых в атмосферу и на материки.

Химия океана – наука, изучающая состав воды и гидрологический режим океанов и морей. Количество солей, растворенных в Мировом океане при объеме воды в нем $1370 \cdot 10^3 \text{ км}^3$ оценивается в $47,8 \cdot 10^5 \text{ т}$ [2].

Водные массы океана находятся в непрерывном движении, что связано с различными факторами: вращением Земли, притяжением Луны, атмосферной циркуляцией, землетрясениями, извержениями вулканов и т.п. При этом приливные движения охватывают большую массу воды, а ветровые волны затрагивают лишь верхний слой до глубины 50 – 60 метров. Благодаря этим процессам происходит выравнивание гидрологических и гидрохимических характеристик воды. Однако, перемешивание всей огромной массы воды происходит медленно – время полного перемешивания оценивается примерно в 1600 лет [1].

3.7.1. Состав океанической воды

По составу минеральных компонентов океанические воды очень одно-

родны. В открытых частях океанов общее солесодержание составляет в среднем 35 г/л (в интервале от 32,0 до 37,5 г/л). Наивысшая соленость наблюдается в тропических широтах, характеризующихся высоким уровнем испарения.

Солевой баланс океана формируется под воздействием как внешних факторов (материковый склон, атмосфера, недра Земли), так и происходящих в самом океане физических, химических и биохимических процессов.

Солевой баланс океана складывается из следующих основных приходных и расходных статей (табл. 7).

Таблица 7

Годовой круговорот суммы ионов основного солевого состава вод мирового океана (в млрд. тонн) [2]

Составляющие круговорота	Поступление	Удаление
Ионный сток:		
Речной	3,1	
Пресных подземных вод	1,2	
При таянии антарктических и арктических льдов материкового происхождения	0,03	
Поступление солей:		
При растворении взвесей речного стока	0,2	
При растворении частиц пыли из атмосферы	0,05	
При растворении донных осадков	0,2	
При диффузионных и десорбционных процессах	0,1	
При растворении вулканических продуктов	0,05	
Вынос солей на сушу при испарении океанических вод		0,5
Осаждение и коагуляция солей в океане		2,6
Осаждение солей при испарении воды в морских лагунах		0,6
Сорбция ионов донными осадками в взвешьях		1,2
Итого	4,9	4,9

Как видно из данных табл.7, составляющие солевого баланса Мирового океана, измеряются миллиардами тонн. Однако, эта величина не велика в сравнении с огромной массой растворенных в океане солей ($47,8 \cdot 10^{15} \text{ т}$). Поэтому, учитывая относительно большую погрешность балансовых расчетов ($\pm 10 \%$) в настоящее время не представляется возможным выявить какую-либо определенную тенденцию изменения солевой массы океана.

Установлено, что водах открытого океана ионный состав воды остается постоянным независимо от величины ее общего содержания. Данные по ионному составу приведены в табл.8.

Таблица 8

Ионный состав океанической воды по главным ионам

Ионы	% по массе (г/кг)	% от суммы ионов
Na^+	10,498	30,58
Mg^{2+}	1,292	3,76
Ca^{2+}	0,411	1,20
K^+	0,385	1,12
Cl^-	18,971	55,26
CO_3^{2-}	2,635	7,68
HCO_3^-	0,071	0,21
Br^-	0,065	0,19
Сумма	34,328	100,00

Перечисленными в табл.8 ионами, а также ионами Sr^{2+} , F^- и BO_3^- образовано примерно 99,99 % массы растворенных неорганических веществ в океанической воде.

Органические вещества

Органические вещества океанических вод связаны с жизнедеятельностью гидробионтов. По происхождению они подразделяются на автохтонные - образованные живыми организмами непосредственно в океане и аллохтон-

ные - принесенные с материков. По формам, в которых присутствует органическое вещество, различают взвеси с размерами частиц более 0,1 мкм, коллоиды с размерами частиц 0,001 - 0,1 мкм и истинно растворенные вещества с размерами частиц менее 0,001 мкм.

Основным источником органического вещества морской воды служат автотрофные организмы - фитопланктон и некоторые виды бактерий. В совокупности они образуют начальное звено пищевой цепи Мирового океана. Биопленка фитопланктона и продукция им органического вещества варьирует в разных районах океана в широких пределах, что объясняется различным уровнем обеспеченности биогенными элементами - фосфатами, нитратами и соединениями кремния.

Общая первичная продукция фитопланктона оценивается величиной 44 млрд. тонн углерода в год, что составляет примерно 32 % от продукции органического углерода растительным покровом континентов (141,1 млрд т углерода в год)[11]. В ходе этого процесса из морской воды извлекаются огромные количества растворенного CO_2 и выделяется свободный кислород.

Растворенное органическое вещество океанической воды на 30 - 70 % состоит из гумусовых веществ, как поступающих с речным стоком, так и образующихся в океане при гумификации детрита - мертвых остатков растительных и животных организмов. В группу растворенных органических веществ входят также сахара, аминокислоты и жирные кислоты.

Концентрация взвесей в водах Мирового океана изменяется в очень широких пределах - от единиц до тысяч мкг/л, а доля органического вещества в сухой массе взвеси составляет 7 - 11 %.

Химический состав органического вещества взвесей говорит о его преимущественно биологическом происхождении - в нем присутствуют углеводы, аминокислоты и липиды. Присутствующие в океанической воде взвешенные вещества представляют собой тонкодисперсный материал, характеризующийся большой удельной поверхностью (50 - 200 м²/г). Благодаря этому взвеси при осажении на дно океана могут сорбировать как растворенное

органическое вещество, так и минеральные компоненты, в частности, ионы тяжелых металлов.

Скорость осаждения взвешенных частиц зависит от их размера и изменяется в пределах от нескольких сантиметров до нескольких метров в сутки.

Окислительная деструкция детрита протекает быстро: мертвый фитопланктон по крайней мере на 50 – 60 % подвергается микробиологическому окислению в поверхностном слое воды толщиной 100м. В тропических районах дна достигают около 10 % частиц детрита.

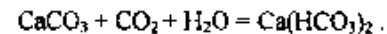
В преобразовании органического вещества участвует также зоопланктон, улавливающий мельчайшие частицы взвеси путем биофильтрации. Микроорганизмы и зоопланктон «перехватывают» большую часть детрита, но, тем не менее, часть взвесей, содержащих органическое вещество, достигает дна и захоранивается в донных осадках. Общее содержание органического углерода, накопленного в донных отложениях за время постледникового периода, составляет ориентировочно 2200 млрд. т [11].

Растворенные газы

Концентрация растворенных в океанической воде газов, активно участвующих в биологических процессах (CO_2 , O_2 , CH_4 , H_2S) часто значительно отклоняются от равновесных и для них характерно весьма неравномерное распределение в толще воды от поверхности до морского дна.

Диоксид углерода, равновесная концентрация которого в морской воде составляет около 0,5 мг/л, определяет многие физико-химические и биохимические процессы в океаносфере. Его источниками являются поступления из атмосферы, микробиологическое разложение органического вещества и поступление с речными стоками, которые приносят также гидрокарбонаты и карбонаты.

Поведение карбоната кальция, поступающего в океан в виде взвеси, зависит от содержания CO_2 в морской воде. При достаточно высокой концентрации CO_2 карбонат кальция растворяется с образованием гидрокарбоната:



Из приведенного уравнения видно, что Мировой океан может служить буферной системой, регулирующей содержание CO_2 в атмосфере.

Содержание метана в водах открытых районов океана близко к равновесным, а во внутренних морях часто наблюдается превышение равновесных концентраций. Так, в Черном море на больших глубинах (порядка 1000 метров) насыщенные сероводородом воды содержат метан в концентрациях на несколько порядков превышающих равновесные.

3.7.2. Антропогенные загрязнения океанов и морей

Практическая деятельность человека сопряжена с целым рядом неблагоприятных воздействий на Мировой океан.

К источникам загрязнения относятся нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленности, морской транспорт, промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды, сельскохозяйственное производство.

Наибольшую опасность представляют поступления в морскую воду нефти и нефтепродуктов, а также радионуклидов (стронций-90, цезий-137, плутоний-238 и др.), хлорорганических соединений, тяжелых металлов (ртуть, кадмий, свинец, медь, цинк и др.) и детергентов.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами являются нефть и нефтепродукты. В Мировой океан ежегодно поступает около 6 млн. тонн нефтяных углеводородов, что составляет 0,23 % годовой добычи нефти. Попадая в воду, нефть сначала растекается по воде, образуя поверхностную пленку. При этом происходит испарение легких бензиновых и керосиновых фракций. Около 5 % разлитой нефти растворяется в воде, причем из нефтяных компонентов наибольшей растворимостью обладают токсичные ароматические углеводороды.

Параллельно идет сорбция углеводородов на взвеси, эмульгирование нефтяных остатков, а в дальнейшем их уплотнение и переход в донные осадки.

Самоочищение моря от нефтепродуктов связано, главным образом, с микробиологическим окислением – известно около 200 видов морских бактерий и грибов с различной скоростью и избирательностью утилизирующих углеводороды.

Тяжелые металлы поступают в океан из атмосферы вместе с продуктами сжигания ископаемого топлива, а также с речным стоком, загрязненным промышленными сточными водами. Большая часть их удаляется из океанической воды, аккумулируясь в морских организмах или сорбируясь взвесьями, но, тем не менее, во многих случаях концентрация тяжелых металлов в воде превышает фоновое загрязнение.

К хлорированным углеводородам относятся многие пестициды, поступление которых на мировой рынок исчисляется сотнями тысяч тонн ежегодно. Пестициды токсичны, вызывают быстрое отравление организмов и способны накапливаться в пищевых цепях. Они слабо растворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях и в жировых тканях животных и человека.

Детергенты – синтетические поверхностно активные вещества (СПАВ) – входят в состав разнообразных моющих средств и являются непременной составной частью сточных вод, поступающих в морскую среду.

Общим свойством СПАВ является их способность адсорбироваться на поверхности раздела фаз и создавать стойкую пену.

3.7.3. Экологические последствия загрязнения морской среды

Общим свойством практически всех перечисленных загрязняющих веществ является их токсичность и способность к концентрированию в пищевых цепях морских экосистем. Катастрофические разливы нефти в прибрежных районах вызывают массовую гибель водной и донной фауны и флоры, в том числе – водоплавающих птиц. Питание насыщенным нефтью и пестицидами планктоном приводит к снижению товарных качеств потребляемых человеком морепродуктов. Наблюдались многочисленные случаи отравления

людей в результате питания загрязненной рыбой. Развитие окисляющей углеродороды микрофлоры, биомасса которой токсична для многих гидробионтов, приводит к снижению биологического разнообразия. Накопление пестицидов в живых организмах приводит к резкому снижению репродуктивной способности.

Особенно сильно воздействуют загрязнения на неустойчивый биоценоз – сообщество живых организмов, обитающих в поверхностном слое морской воды. В неустойчивом сообществе присутствуют икринки, личинки и мальки многих гидробионтов (например, камбалы, трески, бычков, langустов, омаров, креветок, мидий, устриц). Для них оказываются губельными даже небольшие концентрации загрязняющих веществ, не представляющие опасности для взрослых особей.

3.8. Перенос и трансформация веществ

3.8.1. Перенос веществ

Поведение веществ в окружающей среде в последнее время стало рассматриваться в качестве одного из важных критериев возможности использования промышленных химикатов. В каждом конкретном случае необходимо учитывать вероятность и пути перемещения веществ от места их выброса. Печальный опыт использования ДДТ и других хлорорганических соединений показал, что некоторые вещества могут распространяться в глобальных масштабах. Изучение закономерности распространения веществ в окружающей среде и их трансформации позволяет избежать возникновения подобных проблем или, по крайней мере, свести их к минимуму.

Пути распределения веществ в окружающей среде в обобщенном виде показаны на рис. 15.

Введенные в окружающую среду вещества, прежде всего, могут мигрировать в пределах отдельной сферы, например, вещество, попавшее в воду, может перемещаться в ней независимо от того, находится ли оно в растворе или адсорбировано на взвешенных частицах. Такой тип миграции связан с

перемещением водных масс и его можно описать соответствующими гидрологическими параметрами с учетом возможного осаждения взвешенных частиц.

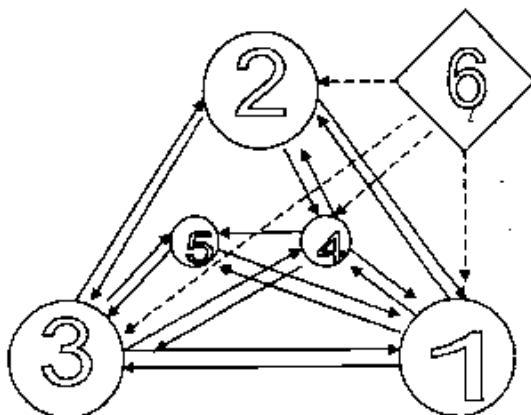


Рис. 15. Пути распространения веществ в окружающей среде:

1 – вода (гидросфера); 2 – воздух (атмосфера); 3 – почва (литосфера); 4 – флора; 5 – фауна; 6 – человеческое общество; —→ — массообмен; - - -→ - ввод веществ

В более широком аспекте перенос вещества в биосфере должен иметь определенную связь с процессами природного круговорота веществ. При этом миграция веществ в пределах одной среды (в частности гидросферы) определяется преимущественно процессами переноса в данной сфере (например, течениями) и в меньшей степени характеристиками переносимого вещества. Роль химических свойств переносимого вещества становится более существенной в процессах его перемещения между сферами. Поэтому для определения возможности перемещения веществ через границы раздела фаз следует учитывать свойства переносимых веществ, а именно:

1. Граница раздела вода – воздух. На этой границе раздела важное значение имеет давление паров вещества и его растворимость в воде.

2. Граница раздела вода – почва. Перемещение вещества через эту границу представляет, по существу, процесс адсорбции – десорбции зависящий от растворимости вещества в воде и от факторов, определяющих его адсорбцию в твердой фазе и коэффициент распределения между фазами.

3. Граница раздела вода – живые организмы. Для перемещения вещества через эту границу имеет существенное значение его способность проходить через клеточные мембраны. Аккумуляция вещества из водной среды живыми организмами может протекать по двум механизмам: либо по механизму непосредственной абсорбции из окружающей водной среды, либо по механизму распределения (и часто – концентрирования) по цепи питания. Преобладание того или иного механизма зависит как от свойств вещества, так и от особенностей организма. Например, рыбы, имеющие жабры с развитой поверхностью, более активно аккумулируют растворенные в воде вещества, чем тюлени, не имеющие подобных органов.

3.8.2. Превращения веществ

Для получения достаточного представления о поведении веществ в окружающей среде, наряду с изучением механизма и скорости их распространения, важное значение имеет изучение способности веществ изменяться в окружающей среде, факторов, вызывающих эти изменения и скорости, с которой эти изменения происходят. Превращения веществ разнообразны и могут иметь различные последствия. Например, при определенных условиях органические вещества могут быть разложены на CO_2 и H_2O и тем самым возвращены в природный круговорот веществ.

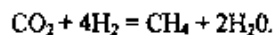
Но возможно также, что превращения веществ приводят к образованию более опасных производных, присутствие которых в окружающей среде нежелательно. Например, при взаимодействии хлора и органических веществ в природных водах могут образовываться весьма токсичные хлорорганические соединения.

Среди природных факторов, вызывающих превращения веществ в водной среде, важное значение имеют солнечная радиация, окислительно-

восстановительные химические и биохимические процессы, а также способность веществ реагировать с водой, например, подвергаться гидролизу. Важное значение имеет и скорость превращений - медленно разрушающиеся консервативные вещества сохраняются в водоеме длительное время, что может привести к их накоплению, а при быстром разрушении такой проблемы не возникает. Рассмотрим в качестве примера вероятные последствия сброса в реку сточных вод населенного пункта, содержащих органические вещества, окисление которых существенно нарушает кислородный баланс в водоеме. Используя для контроля качества воды аналитические определения содержания растворенного кислорода и БПК (биохимического потребления кислорода) и контролируя численность бактерий в речной воде, можно выявить четыре довольно хорошо выраженные зоны (рис. 16[20]).

В зоне резкого ухудшения качества воды скорость азрации (обогащения воды кислородом) значительно меньше скорости потребления кислорода на окисление органических веществ. Поэтому концентрация растворенного кислорода быстро падает (возможно его полное истощение), возрастает БПК воды и наблюдается быстрый рост количества аэробных бактерий.

В зоне активного распада органических веществ скорость реазрации приблизительно равна скорости биологического окисления. Концентрация растворенного кислорода стабилизируется на минимальном уровне и увеличивается объем анаэробных зон, в которых происходит сбраживание органических веществ до CH_4 и CO_2 , а также биологическое восстановление CO_2 метановыми бактериями, использующими водород:



Условия, благоприятные для развития сульфатредуцирующих бактерий, могут привести к загрязнению воды сероводородом. Снижение концентрации растворенного кислорода нарушает нормальную жизнедеятельность высших водных организмов. При концентрации растворенного кислорода менее 1 мг/л происходит массовая гибель рыб и зоопланктона, приводящая к

загрязнению воды токсичными продуктами анаэробного разложения биомассы.

В зоне восстановления скорость реазрации превышает скорость аэробного окисления, содержание растворенного кислорода медленно возрастает. Вновь появляются организмы зоопланктона и толерантные (устойчивые) породы рыб.

В зоне чистой воды восстанавливается присущее данной реке многообразие водных растений и животных.

К сожалению, при наличии в сбросах токсичных веществ процесс самоочищения природных вод может резко нарушаться.

Рассмотренный выше процесс самоочищения водоемов достигается путем включения поступающих загрязнений в круговорот веществ в водоеме. Его основными частями являются синтез и деструкция органических веществ.

Конечные продукты деструкции - CO_2 и H_2O - используются в процессах фото- и хемосинтеза, в результате которых образуется первичная биомасса автотрофных организмов (бактерий, фитопланктона, водных растений), а вода обогащается растворенным кислородом. Первичная биомасса и продукты ее распада служат источником питания для гетеротрофных организмов: бактерий, грибов, зоопланктона. При этом организмы зоопланктона (рачки, коловратки, простейшие) вносят основной вклад в осветление воды, снижая численность бактерий и фитопланктона на 90 - 99 %.

4. ГЛОБАЛЬНЫЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ (КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ)

Переходя от частного к общему, следует отметить, что поступление солнечной энергии обеспечивает два типа круговорота веществ: абиотический и биотический. Иногда первый из них называют большим круговоротом, а второй - малым [31].

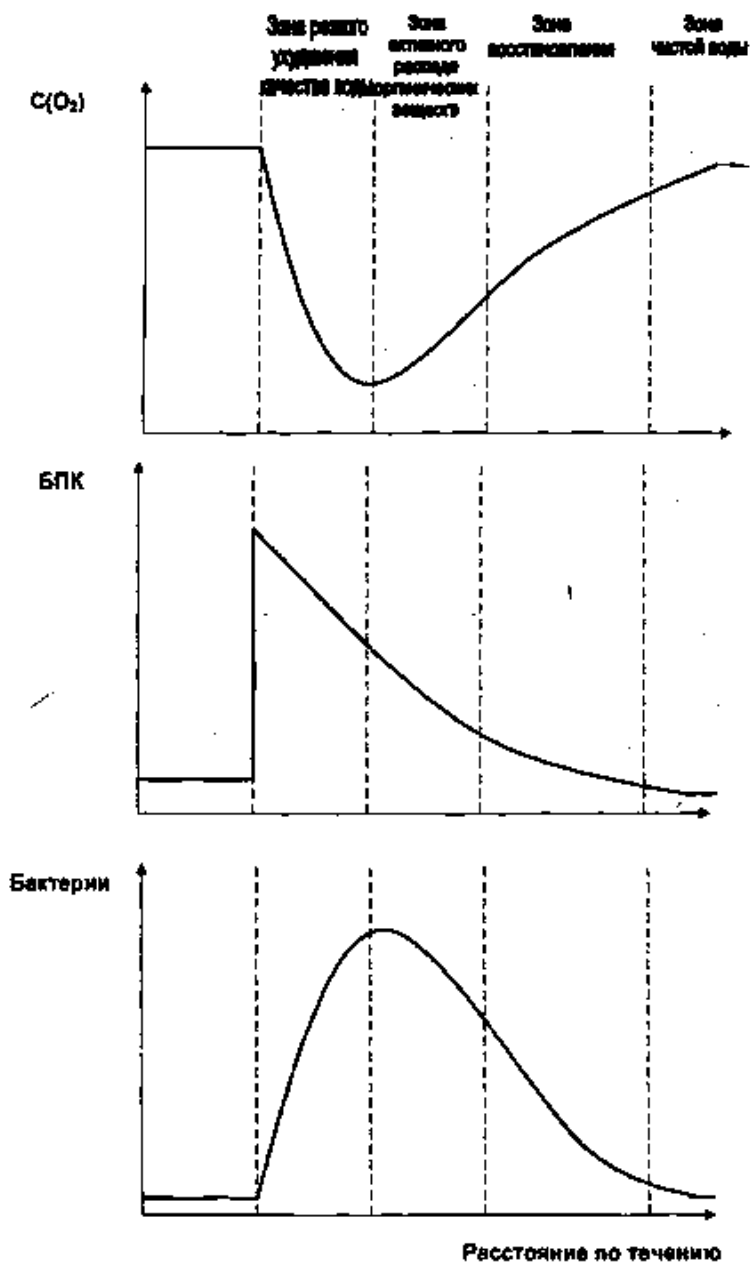


Рис.16 Последствия сброса в реку сточных вод, содержащих органические вещества

Абиотический круговорот наиболее четко проявляется в циркуляции воды и воздушных масс. Его основу составляет перенос вещества из одного места в другое в масштабе планеты.

На базе абиотического круговорота при активном участии флоры и фауны возникает биотический круговорот. Его основу составляют процессы синтеза и разрушения органических соединений. Эти два процесса обеспечивают и поддерживают жизнь на планете. На синтез органического вещества затрачивается лишь небольшая часть (около 1 %) поступающей на Землю лучистой энергии, но эта энергия, вовлеченная в биотический круговорот, совершает огромную работу по созданию живого вещества.

Все абиотические и биотические круговороты переплетены и образуют общий глобальный круговорот веществ.

Круговорот многих элементов и соединений тесно связан с круговоротом воды. Примером может служить круговорот кальция.

4.1. Круговорот кальция

Кальций – один из наиболее широко распространенных элементов, количество его переносимое реками, составляет около 7 % от общего количества переносимых веществ [22]. Обычным спутником кальция является стронций: в среднем, на каждую тысячу атомов кальция приходится 2,4 атома стронция. В результате испытания ядерного оружия и развития атомной энергетики, в биосферу поступает радиоактивный стронций⁹⁰ – продукт расщепления урана. Некоторое его количество вместе с кальцием из почвы поступает в ткани растений и животных, служащих пищей человеку, а затем попадает в костную систему человека.

В глобальном круговороте кальция, гидрокарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, поступающий в океан с речными водами, под влиянием жизнедеятельности различных живых организмов разлагается на CaCO_3 , CO_2 и H_2O , причем CaCO_3 используется живыми организмами для построения известковых скорлуп, раковин и панцирей. После отмирания морских организмов скорлупы отлагаются на дне океана, содержащееся в них органическое вещество

разлагается и постепенно происходит накопление громадных залежей мела и известняка. В результате геологических смещений земной коры некоторые залежи поднимаются на поверхность и оказываются погребенными под слоями горных пород. В последнем случае находящийся под большим давлением CaCO_3 постепенно кристаллизуется и переходит в мрамор. Подземные воды, насыщенные углекислотой, переводят значительное количество CaCO_3 в растворимый гидрокарбонат, что приводит к образованию подземных пещер и обогащению кальцием речных вод, которые вновь выносят гидрокарбонат кальция в моря и океаны.

4.2. Круговорот углерода

Основная масса углерода аккумулирована в карбонатных отложениях дна океана ($1,3 \cdot 10^{16}$ т), в минералах литосферы ($1,0 \cdot 10^{16}$ т), в каменном угле и нефти ($3,9 \cdot 10^{15}$ т).

Этот углерод принимает участие в медленном геологическом круговороте. Значительно меньше углерода содержится в растительных ($5 \cdot 10^{11}$ т) и животных ($5 \cdot 10^9$ т) организмах, но именно этот углерод поддерживает жизнь на Земле и газовый состав атмосферы.

Круговорот углерода в биосфере (рис.17) в значительной мере обусловлен жизнедеятельностью организмов флоры и фауны. Фотосинтетическое связывание CO_2 растениями ($129 \cdot 10^9$ т/год) быстро истощило бы запасы CO_2 в атмосфере ($2600 \cdot 10^9$ т), если бы расход CO_2 на фотосинтез не был бы сбалансирован выделением CO_2 при разложении органических веществ ($92 \cdot 10^9$ т/год) и дыхании ($37 \cdot 10^9$ т/год).

К нарушению этого баланса приводит сжигание топлива, в результате чего в атмосферу выделяется $18 \cdot 10^9$ т/год CO_2 .

Следует также отметить, что человек интенсивно замыкает на себя круговорот углерода. Суммарная биомасса домашних животных превышает биомассу диких наземных животных, а площади культивируемых растений приближаются к площадям естественных биогеоценозов.

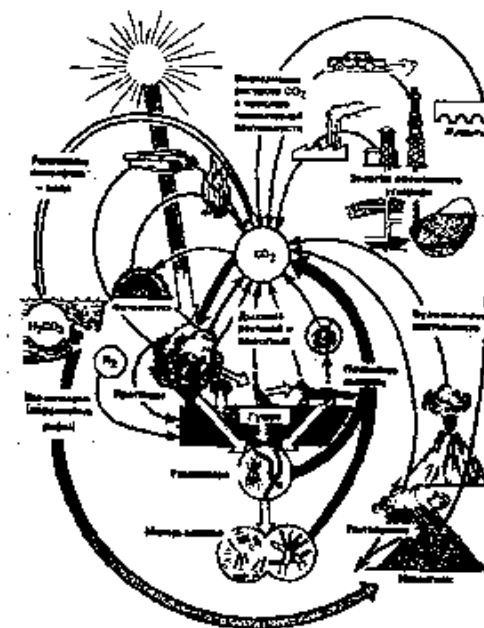


Рис.17. Круговорот углерода в природе [21]

В поддержании равновесного баланса CO_2 принимает участие Мировой океан, но его возможности не безграничны. Содержание CO_2 в земной атмосфере за последние полвека возросло на 20 % и составляет 0,0365 % [11]. Тем не менее, как нетрудно убедиться, равновесные концентрации CO_2 в воде, находящейся в контакте с атмосферой, невелики (не более 1,2 мг/л), а реальные концентрации CO_2 в природных водах могут быть в десятки раз больше. Из процессов, направленных на уменьшение содержания CO_2 в природных водах, важнейшими являются удаление в атмосферу и расходование в процессе фотосинтеза. Кроме того, углекислота может расходоваться на растворение карбонатных пород и использование водными организмами для построения скелетов, раковин и панцирей, но эта убыль обычно компенсируется и перекрывается выделением CO_2 при дыхании гидробионтов и окислении органических веществ.

Более детальное рассмотрение этих процессов показывает, что в глубоких непроточных, или малопроточных водоемах формируется определенное распределение CO_2 с возрастанием концентрации по глубине.

4.3. Круговорот азота

Круговорот азота (рис. 18) представляет собой пример относительно устойчивого саморегулирующегося цикла с большим резервным фондом в атмосфере [22].

В процессах разложения бактериями белков и аминокислот, входящих в состав биомассы водных организмов, различают следующие условия:

- аэробные (в водной среде есть растворенный кислород, величина окислительно-восстановительного потенциала (Eh) превышает 100 мВ);
- анаэробные (растворенный кислород практически отсутствует, но есть нитраты, Eh находится в диапазоне от -100 до +100 мВ);
- анаэробные (практически нет растворенного кислорода и нитратов, Eh менее -100 мВ).

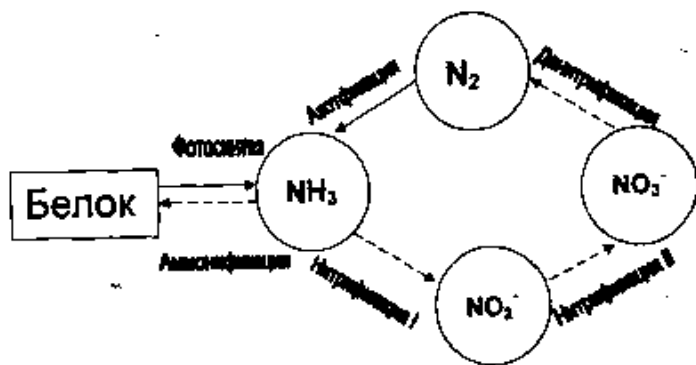


Рис. 18. Схема превращения азота в биотическом круговороте:

- - потребление азота;
→ - поступление азота

В любых из этих условий на первых стадиях разложения белков и аминокислот образуются ионы аммония. Этот процесс называется аммонификацией. В аэробных условиях идет процесс нитрификации – окисление молекулярного азота сначала до нитритов, а затем до нитратов. В анаэробных условиях как нитриты, так и нитраты подвергаются денитрификации с образованием молекулярного азота, избыток которого поступает в атмосферу.

Вместе с тем, широко распространены микроорганизмы, способные осуществлять процесс нитрификации, фиксируя молекулярный азот, и превращая его в нитраты – соединения, наиболее пригодные для питания растений. К ним относятся свободноживущие бактерии – азотобактер (аэроб) и клубеньковые бактерии бобовых растений, пурпурные бактерии, сине-зеленые водоросли. Таким образом, в воде водоемов могут присутствовать соединения азота различной валентности, трансформация которых при воздействии микроорганизмов зависит от содержания растворенного кислорода, а в распределении молекулярного азота между водой и атмосферой участвуют как физико-химические, так и биохимические процессы.

Круговорот азота подвергается в настоящее время сильному антропогенному воздействию в результате использования минеральных удобрений, загрязнения воды и почвы токсичными отходами промышленности, подавляющими деятельность микроорганизмов. Загрязнение атмосферы оксидами азота – одна из причин выпадения кислотных дождей.

4.4. Круговорот фосфора

Содержание фосфора в природных водах значительно меньше, чем содержание азота – отношение P : N составляет около 1 : 23.

В круговороте фосфора (рис. 19) растворимые фосфаты, усваиваемые растениями, образуются в результате эрозии апатитов и других фосфорсодержащих минералов и вследствие разложения растительных и животных остатков и продуктов жизнедеятельности фосфатредуцирующими бактериями. В отличие от азота, резервуаром фосфора служит не атмосфера, а горные по-

роды и другие отложения (например, залежи гуано на побережье Перу), образовавшиеся в прошлые геологические эпохи. По сравнению с круговоротом азота, круговорот фосфора менее устойчив. Растворенные фосфаты, взаимодействуя с катионами железа, кальция, алюминия, переходят в малорастворимые соединения, недоступные для живых организмов. Недостаток фосфора чаще, чем недостаток азота служит лимитирующим фактором повышения биологической продуктивности водоемов. Поэтому резкое повышение количества поступающих в водоем растворенных соединений фосфора нередко вызывает ускоренное эвтрофирование. В качестве примера можно привести одно из Великих американских озер – озеро Эри: поступающие в него растворимые фосфаты длительное время связывались в нерастворимые соединения ионами Fe^{3+} , однако со временем нарастающий кислородный дефицит привел к формированию условий, благоприятствующих превращению малорастворимых фосфатов трехвалентного железа в более растворимые фосфаты двухвалентного железа. Результатом этого явилось резкое повышение содержания фосфора в воде и бурное эвтрофирование озера [13].

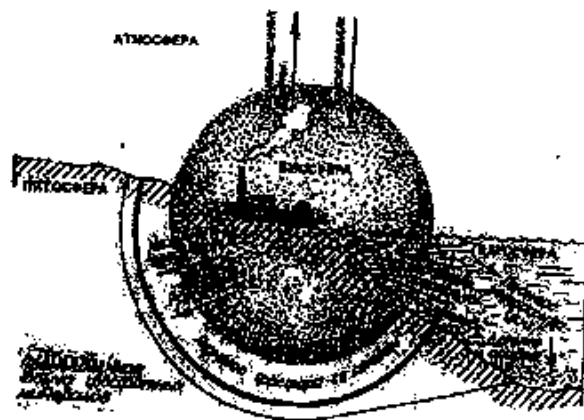


Рис. 19. Круговорот фосфора [21]

Трансформация веществ в биосфере и возможность накопления их в живых организмах в процессе круговорота должны учитываться при использовании токсичных химических элементов. Примером может служить биогеохимический цикл ртути.

4.5. Круговорот ртути

Ртуть относится к числу элементов, которые почти не оказывали влияния на организмы до наступления индустриальной эры. Ртуть химически малоподвижна и концентрации ее в природной среде первоначально были небольшими.

Разработка месторождений ртути и ее промышленное использование увеличили выброс ртути в атмосферу и сброс в водоемы со сточными водами. Увеличение в окружающей среде содержания ртути (так же, как и других тяжелых металлов – кадмия, цинка, меди, хрома) стало серьезной проблемой. Микроорганизмы способны превращать нерастворимые формы ртути в растворимую и очень ядовитую метилртуть, проявляющую способность к концентрированию по пищевым цепям в экологических системах (рис. 10). Рыбы и моллюски становятся опасными для человека при использовании их в пищу.

Впечатляющим примером может служить японский прибрежный городок Минамата, предприятие которого сбрасывало в воды залива сточные воды, содержащие ртуть.

В результате болезни, которая получила название «болезнь Минамата» умерло 99 человек и серьезно пострадало около трех тысяч [31]. Долгое время после прекращения сбросов ртути в г. Минамата рождались дети с различными аномалиями и уродствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный обзор различных факторов антропогенного воздействия на окружающую природную среду позволяет оценить многообразие этих факторов, масштабы антропогенного вмешательства и наносимый им ущерб

как явления, несовместимые с устойчивым развитием и в перспективе – угрожающие существованию человечества.

Достоверный прогноз химических и биохимических последствий антропогенного воздействия на природу во многих случаях еще отсутствует, и тем более необходима интенсификация работы в этом направлении. Основными причинами сложившейся критической ситуации являются следующие:

1. Постоянный рост численности населения.
2. Постоянное стремление людей к росту производства и потребления.
3. Односторонний технический прогресс, направленный на удовлетворение все возрастающих потребностей, результатом которого явилось создание пелого потока чуждых природе химических товаров и технических продуктов, проникающих во все звенья природных биоценозов и угрожающих во многих случаях самому существованию экосистем (см. Приложение 3).

Грозный экологический кризис отличается от кризисов, имевших место ранее, общепланетарным характером и охватом всех звеньев хозяйственной деятельности человечества. Возрастание промышленного потенциала и, в первую очередь, энерговооруженности делает антропогенный фактор воздействия на окружающую среду сопоставимым с природными факторами, что обуславливает возможность существенного сокращения стабильности биосферы.

Преодоление грозного кризиса, в отличие от кризисов, успешно преодоленных человечеством ранее в процессе экономического и социального развития, невозможно на пути вовлечения в хозяйственный оборот новых ресурсов и территорий, поскольку вся Земля, за исключением высокогорий и приполярных областей, уже обращена в сферу развития единого мирового хозяйства. При этом в настоящее время антропогенное воздействие на окружающую среду осуществляется вследствие трансграничного переноса загрязняющих веществ даже в тех регионах, где не ведется активная хозяйственная деятельность.

Ведущая роль в усилении антропогенного воздействия на биосферу принадлежит промышленности (включая энергетику и транспорт). Сельское хозяйство сохраняет связь с природными, хотя и сильно деформированными круговоротами веществ, при этом роль сельскохозяйственного производства постепенно снижается. Значительную часть материалов и продуктов, ранее вырабатывавшихся в сельском хозяйстве, теперь изготавливают промышленным путем. В качестве примеров можно привести изготовление синтетических волокон и тканей, синтетического каучука, синтетических пищевых кислот, сахарозаменителей и витаминов. Технически возможно и получение белка, по крайней мере, кормового, на основе биохимических технологий, что сближает этот процесс с промышленным производством.

Необходима разработка мер, позволяющих резко сократить истощение природных ресурсов и ограничить применение вредных для природы веществ, заменяя их такими веществами, которые могут включаться в природные круговороты без нарушения сложившегося равновесия.

Важную роль в реализации концепции устойчивого развития имеет формирование нового экологического мировоззрения, включающего следующие основополагающие положения:

- Мы все являемся частью природы, все живые существа взаимосвязаны и взаимозависимы и каждое из них имеет право на жизнь;
- Наша роль заключается в понимании законов природы и сотрудничестве с ней, а не в ее завоевании;
- Наша основная задача состоит в том, чтобы сохранять устойчивость и разнообразие систем жизнеобеспечения для всех видов живых организмов;
- Ресурсы Земли ограничены, и никто не имеет права на беспредельное увеличение доли используемых ресурсов, следует отличать неограниченные запросы от истинных потребностей.

Необходимо подчеркнуть, что такой подход, имеющий целью реализацию концепции устойчивого развития, ни в коем случае не является тормо-

зом для технического прогресса. Напротив, он стимулирует дальнейшее развитие науки и техники, причем важный вклад в решение возникших глобальных и региональных проблем, в том числе, проблем, связанных с гидросферой, призваны внести специалисты в области химии окружающей среды.

Библиографический список

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеониздат, 1970.
2. Алекин О.А., Лякин Ю.И. Химия океана. - Л.: Гидрометеониздат, 1984.
3. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. - М.: Наука, 1965.
4. Вольф И.В., Ткаченко Н.И. Химия и микробиология природных и сточных вод. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1973.
5. Вольф И.В. Гидрология. Часть 1. Общая гидрология / СПбГТУРП, СПб, 2004.
6. Григорьев Л.Н., Буренна Т.И. Химия окружающей среды (атмосфера, литосфера) / СПбГТУРП, СПб, 2000.
7. Дергголыц В.Ф. Мир воды. - Л.: Недра, 1979.
8. Дятлева А.Б. Науки о Земле. Гидрогеология, почвоведение. / СПбГТУРП, СПб, 2004.
9. Егоров Е.А., Суздальев А.Л. Радионуклиды в природно-технической системе «АЭС – водоем охладитель» Научные и технические аспекты охраны окружающей среды (обзорная информация). - М.: ВИНТИ, 2003, №5, С.2 – 48.
10. Ияге – Вечтомов С.Г., Флоринская Т.Н., Худoley В.В. Устойчивое развитие и местная повестка дня на XXI век: Избранные документы и материалы. - СПб.: Сезам, 2000.
11. Исидоров В.А. Экологическая химия. - СПб.: Химиздат, 2001.
12. Клячко В.А., Апелъшин И.Э. Очистка природных вод. - М.: Стройиздат, 1971.
13. Коммонер Б. Замыкающийся круг. - Л.: Гидрометеониздат, 1974.
14. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. Рауделя А.А. и Пономаревой А.М. - Л.: Химиздат, 1983.
15. Кульский Л.А., Даль В.В. Проблема чистой воды. - Киев: Наукова думка 1974

16. Медоуз Д. и другие. Пределы роста. - М.: Изд-во МГУ, 1991.
17. Медоуз Д. и другие. За пределами роста - М.: Прогресс, 1994.
18. Мовсеев Н.Н. Человек и ноосфера. - М.: Молодая гвардия, 1990.
19. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов /под ред. Х. Зигель и А. Зигель. - М.: Мир, 1993.
20. Николаев А.Н., Чернобережский Ю.М. Теоретические основы охраны окружающей среды /СПбГТУРП, СПб, 1992.
21. Общество и природная среда. Сборник /Сост. С.Н.Смирнов. - М.: Знание, 1980.
22. Одум Ю. Основы экологии. - М.: Мир, 1975.
23. Сен - Марк Ф. Социализация природы. - М.: Прогресс, 1977.
24. Состояние окружающей среды Северо-Западного и Северного регионов России /под ред. Фролова А.К. - СПб.: Наука, 1995.
25. Стадницкий Г.В. Основы экологии. - СПб.: Химиздат, 2003.
26. Федоров Е.К. Экологический кризис и социальный прогресс. -Л.: Гидрометеиздат, 1973.
27. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. - М.: Мир, 1997.
28. Шалимов А.Н. Набат тревоги нашей. Экологические размышления. - Л.: Лениздат, 1988.
29. Чернобережский Ю.М., Николев А.Н., Вольф И.В. Основы микробиологии и химии воды. /ЛТИ ЦБЛЛ., 1988.
30. Экологическая химия /под ред. Корте Ф. - М.: Мир, 1997.
31. Экология /Л.И. Цветкова, М.И. Алексеева и др. - СПб.: Химиздат, 2005.
32. Bio News №44 (newspaper, published by the Biopolitics International Organisation) Greece, Athens, 2006.
33. Horne R.A. Marine Chemistry. - New - York, 1969.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Основные термины и понятия

Абиотические экологические факторы - компоненты и явления неживой неорганической природы (климат, свет, химические элементы, температура, давление, движение воздуха, воды и др.), прямо или косвенно воздействующие на организмы.

Абиссаль (гр. *abyssos* - бездонный) - зона Мирового океана, простирающаяся от подножия континентального склона (глубина около 2500 м) до глубины 6000 - 7000 м; занимает более 75 % площади океана.

Автотрофы (гр. *autos* - сам, *trophe* - пища) - самопитающиеся, т. е. живые организмы, сами производящие органические вещества из простых минеральных соединений (CO₂, H₂O и др.) в процессе фотосинтеза (растения) или хемосинтеза (бактерии).

Автохтонные организмы (гр. *chthon* - место, земля) - организмы, возникшие в данном месте, родные этой земле, коренные, местные.

Адаптация (лат. *adaptatio* - приспособление) - процесс приспособления организма, популяции или сообщества к условиям внешней среды.

Азотфиксаторы - бактерии, водоросли, низшие грибы, способные фиксировать газообразный азот из атмосферы. Число видов их велико, большое значение среди них имеют клубеньковые бактерии и сине-зеленые водоросли.

Акарициды (лат. *akar* - клещ) - вещества, используемые для борьбы с клещами.

Акватория (лат. *aqua* - вода) - водная территория, ограниченная естественными, искусственными или условными границами.

Аклиматизация - преднамеренное внедрение какого-либо вида в экосистемы, в которых он ранее не обитал, с целью обогащения их полезными для человека видами или для уничтожения вредных в результате конкуренции.

Аккумуляция загрязнений (лат. *akkumulatio* - накопление) - постепенное накопление организмами или экосистемами вредных химических веществ.

Активный ил - микробный ценоз, развивающийся в системах биологической очистки сточных вод, в частности, в аэротенках и представляющий преимущественно бактериями, агрегированными посредством биофлокуляции в хлопьевидные частицы.

Акцептор (лат. *acceptor* - приемник) - принимающий на себя.

Аллохтонные (аллогенные) вещества (гр. *allos* - другой, иной) - вещества, поступающие в экосистему извне.

Альгициды (лат. *alga* - водоросль) - вещества, предназначенные для уничтожения водорослей при «цветении» воды в водоемах, например, медный купорос.

Аммонификация - процесс разложения азотсодержащих органических веществ (белков и др.) микроорганизмами до стадии образования аммиака.

Анабиоз (гр. *anabiosis* - оживление) - способность организмов переживать неблагоприятные условия в состоянии пониженного обмена веществ без видимых признаков жизни; при наступлении благоприятных условий организм оживает (семена, например).

Анаэробы (гр. *an-* не, *aer-* воздух) - организмы, способные жить и развиваться без воздуха в бескислородной среде; термин ввел Л. Пастер (1861).

Аномалия (гр. *anomalía* - отклонение) - отклонение от нормального развития или среднего значения каких-то характеристик.

Антагонизм (гр. *antagonism* - спор, борьба) - непримиримое противоборство организмов.

Антисептики (гр. *anti-* против, *septicus* - гнилостный) - вещества, препятствующие развитию патогенных бактерий в организме (йод, перекись водорода, этиловый спирт и др.).

Антропоген (гр. *anthropos* - человек) - четвертичный последний период в истории Земли от возникновения человека до современности (около 2,5 млн лет); термин предложен И. П. Павловым (1922).

Антропогенные экологические факторы - факторы, связанные с влиянием человека на жизнедеятельность экосистем.

Апвеллинг (англ. *up well* - хлынуть вверх) - подъем вод из глубин в верхние слои океана.

Априорный (лат. *a priori* - независимо от опыта) - теоретические умозаключения, модели, концепции, справедливые вне зависимости от опыта.

Апостериорный (лат. *a posteriori* - основанные на опыте) - теории, концепции, модели, основанные на данных опыта.

Ассимиляция (лат. *assimilatio* - усвоение) - процесс, в ходе которого простые вещества синтезируются в более сложные, необходимые для жизнедеятельности организма.

Аэрация (гр. *aer* - воздух) - естественное или искусственное насыщение воды или почвы атмосферным воздухом.

Аэробонты - организмы, живущие в воздушной среде, содержащей кислород.

Аэробное разложение - разложение органических веществ с участием кислорода в процессе жизнедеятельности микроорганизмов.

Аэрозоли (нем. *solium* - коллоид) - пылевые или жидкие частицы, находящиеся во взвешенном коллоидном состоянии в воздушной среде.

Аэротенки (англ. *tank* - резервуар) - сооружения для биологической очистки сточных вод, в которые подаются активный ил и воздух для интенсификации процессов минерализации органических веществ.

Бактерия (гр. *bakterian* - палочка) - группа микроскопических одноклеточных организмов размером от 1 до 5 микрон, выполняющих в природе в основном функцию редуцентов, но могут быть и возбудителями болезней.

Бассейн водосборный - поверхность, с которой речная система, море или озеро собирают воды; водосем и площадь водосбора образуют единую экосистему.

Батраль (гр. *bathys* - глубокий) - зона континентального склона в океане, простирающаяся от нижнего края шельфа (200 - 500 м) до 2500 - 3000 м; составляет около 15 % площади океана.

Бенталь (гр. *benthos* - глубина) - дно водоема с прилегающими придонными слоями воды, место обитания донных организмов.

Бентос - совокупность организмов, обитающих на дне водоемов, адаптированных к соответствующему субстрату (галек, песку, илу и т.п.)

Бета-частицы - электроны и позитроны, испускаемые ядрами атомов при распаде; вызывают в организмах канцерогенные и мутагенные эффекты, вплоть до летального исхода.

Биогенные элементы (вещества) - химические элементы, постоянно входящие в состав организмов (углерод, водород, кислород, азот, фосфор и др.); выделяются при разложении мертвых организмов, являются питательными веществами для автотрофных организмов: водорослей, бактерий, наземных растений.

Биогеохимические циклы - повторяющиеся циклические превращения и перемещения химических элементов через неживую и живую природу при активном участии организмов; представление о биогеохимических циклах было введено в науку В. И. Вернадским в начале XX века.

Биоиндикаторы (лат. *indicator* - указатель) - организмы, виды, популяции или сообщества, по наличию и состоянию которых можно судить о

свойствах среды, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей.

Биоиндикация загрязнения водоемов - система оценки степени загрязнения водоемов, основанная на учете состояния водных биоценозов: присутствии индикаторных организмов, анализе видовой структуры, функциональных характеристиках (скорости фотосинтеза и деструкции) и др.; основы биоиндикации разработаны Р. Кольквитцем и М. Марсоном (1909).

Биологическое самоочищение - способность биоценозов нейтрализовать вредные воздействия и восстанавливать качество экосистем.

Биометрия - раздел прикладной математики, изучающий организмы и экосистемы методами вариационной статистики.

Биосфера (гр. *bio* - жизнь, *sphaera* - поверхность шара) - живая оболочка Земли, глобальная экосистема - область жизни, включающая все организмы и их остатки, состоит из атмосферы, гидросферы и литосферы, населенных и видоизмененных организмами; в состав Б. входят живое, биокосное и косное вещества, возникла около 4 млрд. лет тому назад.

Биотические экологические факторы - совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других и на неживую природу.

Биотический круговорот - малый круговорот веществ, возникший с появлением жизни на Земле и осуществляемый в процессе жизнедеятельности живых организмов (*продуцентов, консументов, редуцентов*); в основе его лежат процессы синтеза и разложения органических веществ.

Биотоп (гр. *topos* - место) - естественное жизненное пространство определенного биоценоза, совместно с которым он образует экосистему.

Биофильтр - сооружение для биологической очистки сточных вод.

Биоценоз (гр. *koinos* - общий) - сообщества живых организмов, совокупность популяций различных видов микроорганизмов, растений, животных, населяющих определенный биотоп; термин ввел К. Мебиус (1877).

Видовое разнообразие - многообразие (число) видов в биоценозе определенной экосистемы.

Водосбор - часть поверхности суши, с которой поверхностные воды стекают в главный водоем (море, озеро, реку); вместе с водоемом образует единую экосистему.

Водоснабжение замкнутое - технология водопотребления, при которой использованная вода очищается и повторно применяется в производстве.

Возобновляемые ресурсы - природные ресурсы, полностью или частично восстанавливающиеся в ходе естественных процессов или при помощи человека (растительный и животный мир, почвы и др.).

Выхлопные газы - образующиеся при сжигании бензина в автомобилях газы (NO_2 , CO , SO_2 , углеводороды и др.), опасные для живых организмов, в первую очередь, для человека.

Газы природные - невозобновляемые горючие ископаемые, образующиеся в земной коре; основной компонент - метан (примерно 98 %), а также этан, пропан, бутан, пентан; мировые запасы составляют около 10^{15} м^3 .

Генетика (гр. *genos* - род, происхождение) - наука, изучающая генетические биосистемы, наследственность и изменчивость признаков; законы дискретной наследственности, передаваемой с генами; открыты Менделем (1865).

Гены - единицы наследственности, расположенные в хромосомах; передаются из поколения в поколение, несут информацию о характерных признаках организма.

Геосферы (гр. *geo* - земля) - концентрические оболочки различной плотности и состава, из которых состоит Земля: ядро, мантия, литосфера, гидросфера, атмосфера, биосфера и др.

Гербициды (лат. *herba* - трава) - вещества для уничтожения сорной растительности.

Гетеротрофы (гр. *hetaros* - другой, *trophe* - пища) - организмы, использующие в качестве источников питания и энергии органические вещества, созданные другими организмами (все животные организмы); в экосистемах относятся к группе консументов.

Гигиеническое нормирование качества природной среды - обоснование и установка безопасных для человека уровней содержания вредных веществ в природных средах (воздухе, воде, почве); критерии Г. н. - предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в окружающей среде

Гидробионты (гр. *hydor* - вода) - организмы, обитающие в водной среде.

Гомеостаз (гр. *homos* - тот же самый, похожий, *stasis* - состояние) - способность организма, популяции или системы поддерживать устойчивое равновесие, стабильное состояние в изменяющихся условиях среды.

Гумус (лат. *humus* - почва) - перегной, устойчивое органическое вещество почвы, образующееся в результате разложения растительных и животных остатков; определяет плодородие почвы.

Депонирование отходов (лат. *depono* - отдать на хранение) - складирование отходов в определенных местах и по определенным правилам.

Деструкция (лат. *destructio* - разрушение) - разложение органических веществ и превращение их в неорганические с высвобождением энергии.

Детергент (лат. *detergeo* - стираю) - химическое вещество, понижающее поверхностное натяжение воды и используемое как моющее средство.

Детрит (лат. *detritus* - истертый) - мелкие частицы отмерших растений и животных.

Детритная пищевая цепь - пищевая цепь, первым звеном которой является мертвое органическое вещество, поедаемое детритофагами, служанцами, в свою очередь, пищей для мелких хищников и редуцентов.

Детритофаги (лат. *detritus* - продукт распада, *phagos* - пожиратель) - организмы, питающиеся мертвым органическим веществом (личинки насекомых, дождевые черви, многие бактерии и др.).

Дезэвтрофикация - выведение водоема из эвтрофного состояния путем реализации интенсивных мер по предотвращению дальнейшей эвтрофикации (удаления водной растительности, биогенных веществ и др.).

Дистрофия (гр. *dys* - отсутствие, *trophe* - пища) - нарушение обмена веществ организмов или экосистемы, связанное с недостатком или отсутствием питательных веществ.

Дыхание анаэробное - биохимическое разрушение органических веществ, при котором окислителем служит не свободный кислород, а другие вещества, например, сульфаты, нитриты, нитраты и др.

Дыхание аэробное - биохимическое окисление органических веществ в присутствии и за счет молекулярного кислорода O_2 .

Емкость экосистемы - способность природной системы перерабатывать загрязняющие вещества, сохраняя устойчивое равновесие и механизмы саморегуляции.

Естественный биоценоз - биотическое сообщество, не подвергшееся антропогенному изменению.

Загрязнение - приношение в окружающую природную среду новых, не характерных для нее физических, химических или биологических компонентов, оказывающих вредное воздействие на экосистемы и человека; антропогенное загрязнение возникает в результате деятельности людей.

Загрязнение вторичное - возникает в результате биохимических превращений загрязняющих веществ; примером является загрязнение воды отмершими водорослями при антропогенном эвтрофировании водоемов.

Закон минимума Либиха - открыт Ю.Либихом (1840): рост и развитие организмов зависят от экологического фактора тем сильнее, чем больше он приближается к минимуму; например, рост растений зависит от питательных веществ, содержание которых минимально.

Закон толерантности - сформулирован В.Шелфордом (1913), расширяет закон минимума Либиха: процветание организмов зависит от экологических факторов, значения которых приближаются как к минимуму, так и к максимуму, диапазон между ними определяет предел толерантности (выносливости) организмов к данному экологическому фактору.

Земная кора - верхняя часть литосферы толщиной от 5 км (под океаном) до 75 км (под материками).

Зона водоохранная - территория, выделяемая для охраны вод от загрязнения, на которой запрещена или ограничена хозяйственная деятельность.

Зообентос (гр. *zoon* - животное) - совокупность животных организмов, обитающих на дне или в грунте водоемов.

Зоопланктон (гр. *plankton* - блуждающий) - животные организмы, живущие в толще воды (простейшие, колдовратки, медузы и др.).

Инсектициды (лат. *insectum* - насекомые) - вещества, предназначенные для борьбы с нежелательными насекомыми.

Ихтиология (гр. *ichthys* - рыба) - наука, изучающая биологию и условия обитания рыб.

Кадастр (фр. *cadastre* - перечень, список) - систематизированный свод данных, опись объектов (водный, земельный, лесной кадастры и др.); рекомендации по использованию и охране природных объектов.

Канцероген (лат. *cancer* - рак) - химический, биологический или физический фактор, способный вызывать перерождение и разрушение тканей (заболевание раком).

Катастрофа экологическая (гр. *katastrophē* - переворот) - полное разрушение экологического равновесия и деградация природных систем.

Кибернетика (гр. *kybernetike* - управление) - наука, изучающая механизмы управления, искусство управления с помощью обратных связей; закономерности саморегуляции экосистем.

Климакс (гр. *klimax* - лестница) - термин введен Ф. Клементсом (1916) для обозначения стабильной ступени развития экосистемы с устойчивым гомеостазом в данных условиях.

Комменсализм (лат. *commensalis* - согражданин) - взаимоотношения между двумя видами организмов, когда один питается остатками пищи другого, не нанося ему ущерба.

Конденсация (лат. *condensatio* - сгущение, уплотнение) - накопление, переход веществ из газообразной фазы в жидкую или твердую (переход паров воды в жидкое состояние, накопление электрических зарядов и др.).

Консументы (лат. *consumere* - потребляю) - животные организмы, питающиеся готовым органическим веществом, произведенным продуцентами (растениями).

Красные книги - книги, в которые в определенном порядке заносят названия редких и исчезающих видов растений и животных; ведутся с 1948 г., издано 5 томов Международной Красной книги Международным союзом охраны природы; в России К. к. учреждена в 1974 г.

Круговорот веществ - закономерное многократное участие веществ в циклических процессах, протекающих в биосфере, атмосфере, гидросфере, литосфере, в том числе циркуляция веществ между неживой природой и живыми организмами.

Ксенобiotики (гр. *xenos* - чужой) - вещества, чуждые живым организмам и биосфере, чаще всего ядовиты: пестициды, фенолы, детергенты, пластмассы и др.

Ландшафт (нем. *landschaft* - вид местности) - территория, однородная по происхождению и истории, с однотипным рельефом, климатом и растительностью; основная единица физико-географического районирования.

Летальный фактор (лат. *lethalis* - смертельный) - фактор, вызывающий гибель организма.

Лимитирующий признак вредности (ЛПВ) - признак вредности веществ, загрязняющих воздух, воду и почву, определяющий характер неблагоприятного воздействия и характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в среде.

Лимитирующий фактор - экологический фактор, наиболее отклоняющийся от оптимального значения и ограничивающий жизнедеятельность организма, популяции или экосистемы; воздействуя на Л. ф., можно регулировать состояние организмов и экосистем.

Лимническая зона (гр. *limnion* - озеро) - толща воды внутреннего водоема до глубины проникновения света.

Лимнология - наука об озерах, озероведение; в последнее время это раздел гидрологии, изучающий озера в экологическом аспекте; основоположником является Ф. Форель (1901).

Литораль (лат. *litoralis* - береговой) - зона озера или моря, занимающая прибрежную часть мелководья между берегом и гребнем континентального склона, в который свет проникает до дна.

Литосфера (гр. *lithos* - камень) - верхняя твердая оболочка Земли в пределах 50 - 200 км, составная часть биосферы.

Макрофиты (гр. *phylon* - растение) - прикрепленные высшие водные растения сравнительно больших размеров: кувшинка, кубышка, ряска, тростник и др.

Макроэлементы - биогенные элементы, используемые организмами в относительно больших количествах: углерод, кислород, водород, азот, фосфор, сера, хлор, железо, магний, кальций, натрий, калий.

Максимум экологический (лат. *maximus* - наибольший) - максимальное значение экологического фактора, за пределами которого организмы и экосистемы погибают.

Малоотходная технология - технология, при использовании которой образуется мало отходов - экологическая стратегия любого производства; включает комплекс мероприятий: утилизацию выбросов, комплексное использование сырья, организацию производств с замкнутым циклом (без сброса сточных вод и выбросов в атмосферу вредных веществ).

Мезосапробный водоем (гр. *mesos* - промежуточный, *sapros* - гнилой) - Среднезагрязненный разлагающимися органическими веществами водоем.

Мезосапробы - полуанаэробные (α -мезосапробы) и аэробные (β -мезосапробы) организмы, живущие в водоемах, загрязненных органическими веществами; служат биоиндикаторами средней степени загрязнения воды.

Метаболизм (гр. *metabole* - перемена) - совокупность биохимических реакций и превращений веществ и энергии в клетках живых организмов, сопровождающихся обменом веществ между организмами и средой.

Металлы тяжелые (гр. *metallon* - шахта, руда) - металлы с большим атомным весом (свинец, цинк, ртуть, медь, никель и др.); в микродозах (микроэлементы) - биологически активны, в больших дозах - яды.

Микология (гр. *mykes* - гриб) - наука, изучающая морфологию, систематику, биологию и экологию грибов.

Микробиология (гр. *mikros* - малый) - наука о микроскопических организмах, впервые описанных А. Левенгуком (1683); сформировалась в конце XIX века благодаря работам Л. Пастера; в России основоположник - С. Н. Виноградский.

Микроорганизмы - мельчайшие организмы, размером от 1 до 50 микрон, видимые только под микроскопом (микробы): вирусы, бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли, простейшие.

Микроэлементы - химические элементы, содержащиеся в организмах в очень малых концентрациях (0,001 - 0,000001 %), но необходимые для их нормальной жизнедеятельности: марганец, бор, кобальт, медь, молибден, йод, бром и др. (всего свыше 30).

Минимум экологический - минимальное значение экологического фактора, за пределами которого организмы погибают.

Моделирование экологическое - имитация экологических процессов с помощью лабораторных, логических, математических или натуральных моделей.

Мониторинг (лат. *monitor* - надзирающий, наблюдающий) - комплексная система наблюдений, оценки и прогнозов изменений состояния окружающей природной среды, в том числе под влиянием антропогенных воздействий.

Морфология (гр. *morphe* - вид, форма) - наука о форме и строении растительных и животных организмов.

Морфометрия - количественная характеристика форм рельефа земной поверхности: длина, площадь, объем, высота, глубина и т. д.

Мутант - организм, в генотипе которого изменен хотя бы один ген, что привело к отклонению признака от нормального типа.

Мутации (лат. *mutatio* - изменения) - естественные или вызываемые мутагенами (пестицидами, нитритами, тяжелыми металлами, радиоактивными веществами, вирусами и др.) количественные и качественные изменения генотипа, передаваемые по наследству. Естественные М. - первоисточник биоразнообразия и первопричина эволюции организмов.

Мутуализм (лат. *mutuus* - взаимный) - взаимовыгодная форма взаимодействия организмов, обязательная для объединяющихся организмов и популя-

ций, например, животные не могут существовать без микроорганизмов в их кишечнике.

Неживая природа - косные (неживые) компоненты экосистем, т. е. абиотические компоненты: солнечная энергия, температура, влажность, химический состав воды, почва и др.

Неолит (гр. *neos* - новый, *lithos* - камень) - второй период каменного века; характеризуется оседлостью людей, появлением скотоводства и земледелия; каменные орудия хорошо отшлифованы.

Ниша экологическая (фр. *niche* - гнездо) - совокупность территориальных и функциональных характеристик условий обитания, соответствующих требованиям, предъявляемым к среде видом, т. е. диапазон условий, в которых популяция живет и воспроизводит себя; функциональный статус организма в экосистеме; термин предложил Р. Джонсон (1910).

Ноосфера - этап эволюции органического мира, связанный с появлением человека. Разумная человеческая деятельность становится главным фактором развития биосферы; следует подчеркнуть, что Н. подразумевает разумную организацию взаимодействия общества и природы в противоположность хищническому отношению к ней. Основоположник учения В.И. Вернадский.

Обменный фонд - доступный фонд питательных веществ, которыми активно обмениваются организмы и окружающая среда.

Оборотное водоснабжение - система повторной подачи отработанной воды на производственные нужды после очистки, охлаждения и обработки.

Озон (гр. *ozon* - пахнувший) - аллотропная модификация кислорода (O_3); газ синего цвета с резким запахом, обладает большой химической активностью, токсичен; образуется из кислорода под действием электрических разрядов и ультрафиолетового излучения в стратосфере.

Озоновый экран - слой атмосферы, расположенный на высоте от 16 до 25 км, с концентрацией озона, в 10 раз превышающей ее у поверхности

Земли; задерживает проникновение к земной поверхности ультрафиолетового излучения, губительного для всего живого.

Олигосапробы (гр. *oligos* - незначительный, *sapros* - гнилой) - организмы, обитающие в водоемах, бедных разлагающимся органическим веществом (олигосапробных водоемах).

Олиготрофы (гр. *trophe* - пища) - организмы, мало требовательные к содержанию питательных (биогеохимических) веществ; обычно используют в пищу простые органические вещества.

Оптimum экологический - благоприятная для жизнедеятельности организмов и экосистем область действия экологического фактора.

Органолептические свойства воды (гр. *leptikos* - принимать, воспринимать) - свойства, воспринимаемые органами чувств (рецепторами) человека: запах, привкус, окраска, мутность, температура, пленка и др.

Орнитология (гр. *ornithos* - птица) - раздел зоологии, занимающийся комплексным изучением птиц.

Охрана окружающей природной среды - совокупность научных, правовых и технических мероприятий (комплекс мер), направленных на рациональное использование, воспроизводство и сохранение природных ресурсов, а также на предотвращение деградации природных экосистем (охрана и защита биосферы: атмосферы, гидросферы, литосферы от вредных воздействий); научная основа ООПС - наука экология.

Палеолит (гр. *palios* - древний, *lithos* - камень) - древнейший период каменного века, когда первобытный человек изготавливал свои орудия из необтесанного камня.

Параметры модели - основные элементы математической модели, т. е. константы математических уравнений.

Пестициды (лат. *pestis* - зараза) - ядохимикаты для защиты растений от вредителей, болезней, сорняков; отрицательно влияют на экосистемы и здоровье человека.

Планктон (гр. *planktos* - парящий, блуждающий) - совокупность организмов, пассивно обитающих в толще воды и переносимых течениями (бактерии, микроскопические водоросли и животные и др.); термин ввел В. Генден (1887).

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) - химические соединения, понижающие поверхностное натяжение воды; используются при производстве моющих средств - детергентов; вызывают загрязнение водоемов.

Полисапробы (гр. *poly* - много) - организмы, обитающие в водоемах с высокой концентрацией в воде разлагающихся органических веществ и бедных кислородом (в полисапробных водоемах); преобладают бактерии и простейшие животные (амебы, инфузории и др.).

Популяция (лат. *populus* - народ, население) - совокупность разновозрастных особей одного вида, объединенных общностью происхождения, ареалом обитания, морфологическим сходством, легко скрещивающихся, обменивающихся генетической информацией; термин заимствован В. Л. Йогансеном из демографии (1903).

Продукция экосистемы (лат. *productio* - создание, производство) - биомасса (органическое вещество), произведенная автотрофными организмами (первичная продукция) и гетеротрофными (вторичная продукция).

Продукция валовая - общая продукция, произведенная организмами.

Продукция чистая - валовая продукция за вычетом той части ее, которая затрачена на дыхание организмов.

Прокариоты (гр. *karuon* - ядро) - доядерные простые организмы, клетки которых не имеют обособленных ядер, первые организмы на Земле (бактерии, сине-зеленые водоросли).

Рад - единица поглощенной радиации, доза радиации на 1 кг массы тела, эквивалентная энергии в 0,01 джоуля.

Радионуклиды (лат. *nucleus* - ядро) - радиоактивные элементы с нестабильным атомным ядром, при самопроизвольном распаде вызывающие мута-

генные и канцерогенные изменения в живых организмах (криптон-85, цезий-137, рутений-106, стронций-90, йод-131 и др.).

Редуценты (лат. *reducens* - возвращающий) - микроскопические организмы (бактерии, грибы, актиномицеты и др.); разлагают мертвое органическое вещество, минерализуют его и возвращают неорганические вещества в окружающую среду, делая их доступными для растений; активные участники биотического круговорота.

Резистентность (лат. *resistentia* - сопротивление) - сопротивляемость, устойчивость организмов и экосистем к воздействию различных факторов.

Рекреация (лат. *recreatio* - отдых) - восстановление здоровья, трудоспособности, жизнедеятельности путем отдыха.

Рекуперация (лат. *recuperatio* - обратное получение) - возвращение части материалов и энергии для повторного использования в технологическом процессе.

Реликт (лат. *relictum* - остаток) - вид растения или животного, сохранившийся от широко распространенных в прошлом флоры и фауны.

Римский клуб - международная неправительственная экологическая научная организация, созданная итальянским экономистом А. Печчен (1968); объединяет около 100 человек (в том числе нескольких лауреатов Нобелевской премии) из более 30 стран мира; деятельность направлена на выработку тактики и стратегии решения глобальных экологических проблем, которые представлены в нескольких «Докладах» Римского клуба.

Самоочищение - совокупность естественных механических, физических, химических и биохимических процессов, ведущих к восстановлению качества природной среды после вредных воздействий.

Загрязненность водоема (гр. *sapros* - гнилой) - характеристика степени загрязненности водоема органическими веществами (олиго-, мезо-, полисапробные водоемы).

Сапротрофы (гр. *trophe* - пища) - организмы, питающиеся мертвым органическим веществом или экскрементами животных (бактерии, грибы, жуки, мухи, черви, вороны, гиены и др.).

Седиментация (лат. *sedimentum* - оседание) - осаждение взвешенных в жидкости частиц.

Симбиоз (гр. *symbiosis* - сожительство) - тесное сожительство двух и более видов, полезное для партнеров (симбионтов); открыл К. Мебиус (1877).

Синергетическое действие (гр. *synergos* - вместе действующий) - взаимодействие факторов, при котором эффект оказывается больше суммы влияний от действия отдельных факторов (синергизм).

Смог (англ. *smoke* - дым, *fog* - туман) - токсический туман: сочетание загрязняющих частиц и капель тумана; образуется, когда температуры в верхних слоях атмосферы выше, чем в нижних (температурные инверсии).

Степобиты (гр. *stenos* - узкий) - организмы, живущие в узком диапазоне экологического фактора, с малой экологической пластичностью.

Стратификация (лат. *stratum* - слой) - расслоение, т. е. вертикальный градиент в распределении характеристик экосистем (температурная стратификация в глубоководных водоемах, стратификация растительности: травы, кустарники, древесные ярусы и др.).

Сублитераль (лат. *sub* - под) - прибрежная зона моря до нижней границы распространения донной растительности, постоянно покрытая водой (до глубины 200 - 500 м).

Сукцессия (лат. *successio* - преемственность) - последовательная смена биоценозов на одной и той же территории до достижения равновесия ме-

жду биоценозом и биотопом (постепенное зарастание пожарищ, озер и т. д.).

Тест-объект - организм, по воздействию на который судят о степени влияния токсикантов на качество среды его обитания; например, дафнии являются тест-объектом для определения токсичности сточной воды.

Токсикант (гр. *toxikon* - яд) - ядовитое, вредное для здоровья вещество.

Токсины - ядовитые продукты обмена веществ, выделяемые некоторыми организмами: бактериями, водорослями, растениями, скорпионами, змеями и др.

Толерантность - выносливость организмов к колебаниям экологических факторов.

Трансформация веществ (лат. *transformatio* - преобразование) - превращение химических соединений в экосистемах.

Тропосфера (гр. *tropo* - направление, поворот) - ближайшая часть атмосферы, направленная к Земле - от вершин деревьев до кучевых облаков; зона жизни организмов.

Трофическая цепь (гр. *trophe* - пища) - пищевая цепь, однонаправленный перенос энергии пищи от ее источника (зеленых растений) через ряд организмов различных трофических уровней путем поедания одних организмов другими.

Утилизация отходов (лат. *utilis* - полезный) - вовлечение отходов в новые технологические циклы, использование в полезных целях.

Фаг (гр. *phagos* - пожиратель) - вирусы, уничтожающие бактерии, в основном, возбудителей инфекционных заболеваний: холеры, дизентерии и др. (бактериофаги).

Фауна (лат. *fauna* - богиня лесов и полей, покровительница животных) - исторически сложившаяся совокупность всех видов животных, обитающих на данной территории или акватории.

Физиология (гр. *physis* - природа) - наука, изучающая функции живых организмов.

Фиксация азота (лат. *fixatio* - закрепление) - биологическая ассимиляция атмосферного азота (образование азотсодержащих органических веществ) азотфиксирующими бактериями, некоторыми водорослями (сине-зелеными) и другими микроорганизмами.

Фитобентос (гр. *phyton* - растение) - совокупность растительных организмов, обитающих на дне водоемов.

Фитопланктон - растительный планктон, мельчайшие водоросли, обитающие в слое воды около 200 м от поверхности и получающие солнечную энергию; продукция фитопланктона Мирового океана составляет свыше 500 млрд т/год.

Фитофаги - животные, питающиеся растениями.

Фитоценоз - растительная часть биоценоза.

Флора (лат. *flora* - богиня цветов и весны) - исторически сложившаяся совокупность всех видов растений на данной территории или акватории.

Фотосинтез (гр. *photos* - свет, *synthesis* - соединение, составление) - синтез клетками растений, водорослей и некоторых бактерий органических веществ из неорганических (CO_2 , H_2O) при участии энергии солнечного света; единственный процесс в биосфере, концентрирующий прямую солнечную энергию и обеспечивающий существование всех других организмов, включая человека.

Фунгицид (лат. *fungus* - гриб, *caedo* - убиваю) - вещества, предназначенные для борьбы с вредными грибами и грибковыми заболеваниями.

Хемосинтез - синтез органических веществ за счет энергии, выделяемой при окислительно-восстановительных реакциях; открыт С. Н. Виноградским (1887).

Хищник - животные (иногда растения), ловящие и поедающие других животных (жертв); являются регуляторами численности многих организмов и санитарами природных экосистем.

«Цветение» воды - массовое развитие (вспышка) фитопланктона, вызывающее изменение окраски воды, которая может быть зеленой (зеленые водоросли), сине-зеленой (зеленые и сине-зеленые), желто-бурой (диатомовые), красной (багрянки) и др.

Цивилизация (лат. *civilis* - гражданский) - культурный уровень развития человеческого общества после примитивного первобытного строя, формирование нравственных отношений.

Шельф (англ. *shelf* - полка) - прибрежное океаническое мелководье (около 400 км), ограниченное берегом и гребнем материкового склона; некоторые моря (Баренцево, Карское и др.) целиком расположены на шельфе; 200-мильная зона является суверенной территорией граничащих с ней государств (Конвенция 1982 г.), составляет 8,6 % площади океана; термин введен Х. Р. Миллом (1887).

Эволюция (лат. *evolutio* - развитие) - развитие организмов от более низких ступеней организации до современных высокоорганизованных форм; необратимое и направленное историческое развитие живой природы, сопровождающееся изменением генетического состава популяций, формированием адаптаций, вымиранием и образованием видов, преобразованием экосистем и биосферы в целом.

Эврибиоты (гр. *eury* - широкий) - организмы, способные выдерживать колебания экологического фактора в широких пределах (экологически пластичные виды); большинство видов эврибиотны по отношению к одним и стенобиотны по отношению к другим факторам.

Эвтрофирование (гр. *trophe* - пища) - нарушение продукционно-деструкционного баланса в водоемах при избыточном поступлении биогенных питательных веществ (в основном, фосфора и азота), приводящее к

повышенной продуктивности («цветение») и вторичному загрязнению воды; антропогенное Э. вызвано сбросом биогенных веществ со сточными водами и поверхностным стоком; отличается от естественного высокой скоростью процесса.

Эдафический (гр. *edaphos* - почва) - относящийся к почве, ею порожденный или обусловленный ее влиянием: эдафический фактор, эдафический организм и т. д.

Эдафифиты - низшие растения, живущие в почве.

Эйкумена (гр. *oikimena* - обитаемая земля) - часть земной поверхности, заселенная людьми.

Экологическое воспитание - формирование у людей потребности в бережном отношении к природе и разумном использовании ее богатств в своих собственных интересах и интересах будущих поколений.

Экологическое нормирование - ограничение любого антропогенного воздействия на экосистему пределами ее экологической емкости, основные критерии при определении экологической нагрузки: нарушение механизмов саморегуляции, биотического баланса, стабильности и видового разнообразия экосистемы.

Экология (гр. *oikos* - дом, жилище) - фундаментальная наука о составе, структуре, свойствах, функциональных особенностях и эволюции систем надорганизменного уровня: популяционных, экосистем и биосферы; изучает основные законы их функционирования. Особи, популяции, виды, биоценозы могут быть объектами экологических исследований, но не являются специфическими для Э., ими занимаются другие биологические науки (генетика, систематика, физиология, ботаника, зоология и т. д.); автор термина Э. Геккель (1866).

Экосистема - это надорганизменная биосистема, в которой биотический компонент представлен биоценозом, а абиотический - биотопом; термин введен А. Тенсли (1935).

Экосфера - живая оболочка Земли, включающая все экосистемы; термин предложил Л. Кол (1958).

Экотоп (гр. *topos* - место) - близкое к биотопу и местообитанию место, где обитает вид; термин предложил Г. Н. Высоцкий (1915).

Эмпирический (гр. *empeiria* - опыт) - опытный, основанный на опыте.

Этропия (гр. *en* - в, внутрь, *trape* - превращение) - мера количества связанной энергии, которая в изотермическом процессе становится недоступной для использования, мера «беспорядка».

Эндемия (гр. *epi* - сверх, возле, *demos* - народ) - массовое распространение инфекционного или другого заболевания среди населения.

Эпшлиматов (гр. *epi* - сверх, *limnion* - озеро) - верхний, теплый и богатый кислородом слой воды в водоемах.

Эстуарии (лат. *aequarium* - заливаемый приливами) - затопляемые воронкообразные устья рек, расширяющиеся при впадении в моря и океаны. Э. очень продуктивная зона, где высока циркуляция питательных веществ.

Эукариоты (гр. *eu* - ядро) - организмы, клетки которых имеют ядро, отделенное от протоплазмы оболочкой: все высшие растения и животные, многие микроорганизмы.

Ювенильные особи (лат. *juvenilis* - юношеский) - подрастающие особи в популяциях растений и животных.

Ядохимикаты - см. пестициды.

Приложение 2.

Декларация устойчивого развития Санкт-Петербурга

В основе документов, принятых на Конференции ООН по окружающей среде и развитию, лежит идея о том, что человечество достигло поворотной точки в истории своего развития. «Мы можем выбрать путь, — написано в «Повестке дня на XXI век», — связанный с продолжением нынешнего курса, при котором увеличивается экономический разрыв внутри стран и между нами, в то время как бедность, голод и болезни все усиливаются, происходит постоянное ухудшение состояния экосистем, от которых зависит наше выживание на планете».

Существует альтернатива этому пути: устойчивое развитие, под которым понимается длительный, управляемый и демократический процесс изменения общества на глобальном, региональном, и локальном уровнях, нацеленный на улучшение качества жизни для настоящего и будущих поколений. Это — новое видение развития, основывающееся на интеграции социальных, экономических и экологических аспектов в принятии решений и практической деятельности. Основными (ключевыми) принципами устойчивого развития являются: 1) ориентация в будущее, долгосрочное планирование, готовность к длительным действиям; 2) интеграция различных видов деятельности в решении проблем развития; 3) широкое участие, партнерство, разделенная ответственность.

Стратегия устойчивого развития принята большинством стран мира, она стала главным ориентиром для стран региона Балтийского моря, включая прилегающую часть России. Цель сотрудничества внутри данного региона состоит в постоянном улучшении условий жизни и труда его населения в рамках устойчивого развития, устойчивого использования природных ресурсов и защиты окружающей среды. Устойчивое развитие включает три взаимосвязанных измерения — экономическое, социальное и экологическое.

Среди субъектов РФ, относящихся к Балтийскому региону, наибольшие успехи в реализации местной повестки дня достигнуты в Санкт-Петербурге.

Здесь принят и реализуется ряд документов по устойчивому развитию, один из последних — «Основные направления политики Санкт-Петербурга в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности на период с 2003 по 2007 годы». Реализация заложенных в них идей должна привести к усилению природоохраняющих и ресурсосберегающих мотиваций при принятии социально-экономических, промышленных и градостроительных решений.

Основные направления должны быть реализованы при разработке Генерального плана развития Санкт-Петербурга и других долгосрочных проектов и программ. В качестве первоочередных мер по охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности предусмотрены следующие:

- реализация права населения на здоровую окружающую среду;
- обеспечение экологической безопасности горожан;
- улучшение качества атмосферного воздуха;
- сокращение поступления загрязняющих веществ со сточными водами в акватории города;
- сохранение зеленого фонда города;
- обеспечение очистки рек, каналов и водоемов города от зарастания и засорения;
- сохранение заказников и памятников природы, расположенных в черте города;
- повышение уровня экологической культуры граждан.

Санкт-Петербург — это сложная региональная система, которая развивается в определенной социально-экономической и экологической ситуации, геодемографической обстановке. Поэтому поиск путей его устойчивого развития должен осуществляться с учетом этой специфики, а это означает, что для него должны быть приняты особые индикаторы устойчивого развития. Относительно современного этапа нами предложены 14 индикаторов. По мере улучшения социально-экономической ситуации они могут измениться. Очевидно, будет иметь место следующая тенденция: число социально-

экономических индикаторов уменьшится, а число экологических индикаторов возрастет.

Санкт-Петербург обладает мощным потенциалом для реализации намеченных «Основными направлениями политики Санкт-Петербурга в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности на период с 2003 по 2007 годы» мер по стабилизации и улучшению экологической ситуации в ближайшие годы. На этой уверенности базируется и «Декларация устойчивого развития Санкт-Петербурга», проект которой обсуждался на общественных форумах города и был одобрен.

Мы — население и власти Санкт-Петербурга, сознавая свою ответственность перед будущими поколениями, учитывая опыт развития крупных городов Европы, считаем целесообразным принять путь устойчивого развития.

Основываясь на Программе действий Администрации и основных положениях Стратегического Плана Санкт-Петербурга, мы принимаем Декларацию Устойчивого Развития для того, чтобы объединить усилия властей и городского общества в решении проблемы повышения жизненного уровня и улучшения качества жизни.

Для повышения жизненного уровня считаем необходимым направить основные усилия на:

- содействие притоку инвестиций;
- обеспечение устойчивости бюджетно-финансовой сферы города;
- реконструкцию и модернизацию промышленности и энергосистемы города;
- реконструкцию и модернизацию торгово-транспортного комплекса;
- создание благоприятных условий для развития туризма.

Для улучшения качества жизни необходимо:

- улучшить состояние окружающей среды на основе решения проблем утилизации отходов, охраны атмосферного воздуха от загрязнений токсичными веществами, улучшения системы водоснабжения и канализации, охраны зеленых насаждений;
- совершенствовать организацию медицинской помощи и лекарственного обеспечения населения;
- создать благоприятную социальную среду обитания для горожан и гостей нашего города;
- способствовать развитию образовательного, культурного и духовного потенциала петербуржцев.

Достижение устойчивого развития возможно при условии:

- повышения компетентности, профессионализма и ответственности исполнительной и законодательной властей;
- следования политике здравого смысла со стороны властей и населения;
- активной социальной позиции общественности города и тесном взаимодействии с властями при принятии планов, программ и проектов развития города;
- активном сотрудничестве с регионами Северо-Запада и городами Европы.

Принимая Декларацию, мы считаем, что развитие и окружающая среда взаимосвязаны и неразделимы. Все действия должны исходить из данной аксиомы и сверяться с соответствующими индикаторами, основанными на реальных возможностях Санкт-Петербурга. Проект Декларации устойчивого развития для Санкт-Петербурга составлен на основании опыта европейских стран и с учетом планов и программ, действующих в городе.

Данная Декларация обсуждена на семинаре 21 мая 2001 г. Постоянной комиссией по охране труда, здоровья и экологии Совета Федерации профсоюзов, ответственных за осуществление общественного контроля

за охраной окружающей природной среды в регионе. Участники семинара одобрили проект Декларации и рекомендовали учитывать ее основные положения при составлении соглашения между Администрацией и Федерацией профсоюзов, призвали активизировать работу по воспитанию населения в духе идей устойчивого развития, а также расширить работу по проведению мероприятий в рамках местной повестки дня на XXI век.

О пользе экологического образования

Много лет нас обучали, как дары природы брать и притом совет давали – ее милостей не ждаты. Покорили мы природу, взяв ее на аборт, только польза где народу? Нет ее – один мираж, ибо взятый у природы безвозмездно ценный дар превращаем мы в отходы в большей мере, чем в товар.

Позволяют наши нравы выпускать, как на врага, миллионы тонн отравы на поля, леса, луга, в атмосферу или в воды, не сгорая от стыда. Для людей и для природы это – сущая беда. В пылегазовом тумане птица песен не поет; в речке, в море, в океане рыба брюхом вверх щыплет и в наборе для народа есть данайские дары – от нитратов с огорода до озоновой дыры.

Побережь природу нам бы, загрязнений снизить рост, мы же вкладываем в дамбы миллиарды псу под хвост. Мы в земле карьеры роим, чтобы в них руду добыть, варим сталь, машины строим, чтобы снова землю рыть, затоплять у рек долины, а болота осушать, создавать сперва пустыни, а потом их орошать.

Зреют кризиса приметы и ресурсов видно дно, но увя... Постигнуть это слишком многим не дано. В экологии невежды как дубинкою крушат и природу и надежды, а проблем не разрешат. Приозерск, Арал, Чернобыль... Сколько натворили бед! Нужно всем учиться, чтобы жить природе не во вред, экологии науку и законы понимать, пресекать посятки руку на природу поднимать.

Не утрачивайте веры в тот прекрасный идеал созиданья ноосферы, что Вернадский миру дал. Если мы разумней будем экономику вести, сможет вновь на радость людям биосфера расцвести!

Игорь Вольф

Учебное издание

И.В. Вольф

ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие

Редактор и корректор Т.А. Смирнова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплэк 2006 г., поз. 106

Подп. к печати 17.10.06. Формат 60x84/16. Бумага тип. №1.
Печать офсетная. Объем 8,0 печ. л. Уч. – изд. л. 8,0
Тираж 200 экз. Изд. № 106. Цена «С». Заказ. 1458.

Ризограф ГОУВПО Санкт – Петербургского государственного
технологического университета растительных полимеров, 198095, СПб., ул.
И. Черных, 4.