

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Г.А. Воронова, Т.А. Юрмазова

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В БИОСФЕРЕ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2010

УДК 550.423(075.8)

ББК 26.30я73

В754

Воронова Г.А., Юрмазова Т.А.

В754 Химические элементы в биосфере: учебное пособие / Г.А. Воронова, Т.А. Юрмазова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 94 с.

В пособии рассмотрены роль химических элементов в биосфере, вопросы круговорота веществ. Основное внимание уделено химическим загрязнениям, проведена их классификация. Введены понятия токсикологии, токсичности, предельно допустимых концентраций (ПДК). Подробно рассмотрены химические загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы. Охарактеризованы главные загрязняющие вещества, пути их поступления в окружающую среду и поведение в ней. Рассматривается радиационное загрязнение, последствия загрязнения атмосферы: кислотные дожди, разрушение озонового слоя и парниковый эффект. Последняя глава содержит описание состояния окружающей среды Томской области, особенности сырьевых ресурсов региона, их переработка и влияние на окружающую среду. Пособие предназначено для студентов химических и нехимических специальностей, изучающих курс общей химии.

УДК 550.423(075.8)

ББК 26.30я73

Рецензенты

Профессор кафедры физической и коллоидной химии

Томского государственного университета

доктор химических наук, профессор

О.В. Водянкина

Доцент кафедры химии общеобразовательного факультета

Томского государственного архитектурно-строительного универ-

ситета, кандидат химических наук

И.А. Курзина

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», 2010

© Воронова Г.А., Юрмазова Т.А., 2010

Оглавление

Введение	4
1. Химические элементы в биосфере.....	8
1.1. Элементы биогенные и второстепенные	8
1.2. Макро- и микроэлементы.....	9
2. Круговороты азота, кислорода, углерода, серы, фосфора и воды в природе	11
2.1. Круговорот азота.....	11
2.2. Круговорот кислорода.....	13
2.3. Круговорот углерода	14
2.4. Круговорот фосфора.....	16
2.5. Круговорот серы	18
2.6. Круговорот воды.....	19
3. Загрязнение окружающей среды	20
3.1. Природные и антропогенные загрязнения	22
3.2. Точечные и диффузные источники загрязнения	23
3.3. Виды загрязняющих веществ	24
3.4. Токсикология	25
3.5. Токсичность.....	25
3.6. Определение ПДК.....	27
4. Гидросфера.....	28
4.1. Загрязнение вод металлами. Источники поступления	31
4.2. Токсичность тяжелых металлов	31
4.2.1. Мышьяк	31
4.2.2. Свинец	32
4.2.3. Ртуть	34
4.2.4. Кадмий.....	35
4.3. Нефть.....	36
4.4. Кислотные дожди.....	38
4.5. Тепловое загрязнение	39
5. Атмосфера	40
5.1. Диоксид углерода	41
5.2. Монооксид углерода.....	43
5.3. Диоксид серы	43
5.4. Озон.....	44
5.5. Оксиды азота	45
5.6. Сероводород.....	45
5.7. Аэрозоли. Свинец. Кадмий. Ртуть	45
5.8. Защита воздушного бассейна от загрязнения	46
6. Литосфера.....	48
7. Водородная энергетика	49
8. Электрохимическая энергетика	50
9. Твердые отходы. Безотходное производство	52
10. Химические соединения, наиболее опасные для биосферы	55
10.1 Хлорорганические соединения	55
10.2 Фосфорорганические соединения	58
10.3 Поверхностно-активные вещества	60
10.4 Синтетические полимеры.....	61

11.	Томская область.....	62
11.1	Климатические условия.....	63
11.2	Состояние минерально-сырьевой базы Томской области	64
11.3	Негативное воздействие на состояние атмосферного воздуха и мониторинг состояния атмосферного воздуха в томской области	68
11.4	Качество атмосферного воздуха.....	70
11.5	Водные ресурсы	73
11.6	Радиационная обстановка в Томской области	78
11.7	Отходы производства и потребления.....	82
12.	Глоссарий	86
13.	Список литературы	93

Введение

Еще в начале XX века считали, что развитие химии и химических производств несет человечеству новые материалы и изделия, увеличение плодородия почв, повышение качества жизни в целом, не принимая во внимание и не задумываясь над экологическими последствиями технологического прогресса. Воздействие человека на биосферу и неживую природу обнаруживает широкий спектр экологических отношений. Важным компонентом природных процессов на планете являются глобальная циркуляция и превращения, претерпеваемые такими основными химическими элементами, как углерод, кислород, водород, азот, сера и фосфор. Эти элементы играют ведущую роль в круговоротах веществ, и глобальные изменения в окружающей среде так или иначе затрагивают их индивидуальные циклы. Стремительное увеличение масштабов хозяйственной деятельности человечества привело к тому, что вклад результатов этой деятельности в процессы деформации природных циклов стал определяющим. Глобальные потоки серы и азота, обусловленные человеческой деятельностью, стали сравнимыми по величине с естественными потоками этих элементов [1, 2]. Хозяйственные выбросы таких токсичных металлов, как свинец, кадмий и цинк, превосходят естественное поступление в биосферу соответственно в 18, 5 и 3 раза [3, 4]. Для таких металлов, как ртуть, никель, ванадий вклад человеческой деятельности в глобальные потоки вдвое превышает вклад естественных источников [5]. В мировом сельском хозяйстве ежегодно используется 500 млн т минеральных удобрений и 3 млн т ядохимикатов, которые после целевого использования (составляющего 20-60%) попадают в природные водоемы и мировой океан [6]. Поступление в окружающую среду веществ техногенного происхождения в количествах, значительно превышающих естественные, а иногда и совсем отсутствующих в природных циклах, породило такие глобальные проблемы, как парниковый эффект (CO_2 , CH_4 , (хлорфторуглероды), кислотные дожди (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl), увеличение содержания нитратов (NO_3^-) в воде и почве, истощение озонового слоя (O_3), эвтрофикация водоемов (N,P), уменьшение концентрации O_2 в атмосфере и др [7]. Другими словами, многие неорганические соединения способны повлиять и уже влияют на климат планеты и состояние ее атмосферы, на качество той природной среды, в которой живет человек, а следовательно, и на здоровье людей. В рамках неорганической химии представляет интерес обратить внимание не только на антропогенные деформации природных циклов химических веществ и изменение качества окружающей среды, но и на поиск реше-

ний социально экологических проблем: энергетической, сырьевой и др. В настоящее время реки, моря и воздух превратились в резервуары отходов химических, металлургических и других производств, нашего быта. Загрязнение воды и воздуха, носившее ранее локальный характер, теперь стало глобальным, охватывая всю атмосферу, литосферу и гидросферу Земли. Изучением описанных проблем занимается наука **экология**. В рамках науки экологии отдельные задачи решает **экологическая химия** [8].

Почти все виды химических загрязнений активно взаимодействуют с биосферой и между собой, превращая Землю в сложную химическую систему. Теперь производство практически всех неорганических веществ оказалось тесно связанным с решением таких проблем, как замкнутые технологические циклы, комплексная переработка сырья, вторичное использование материалов, полная утилизация отходов.

Многие страны приближаются к ощутимой нехватке сырья, пресной воды и энергетических ресурсов. Дело дошло до разработки проектов по транспортировке айсбергов из Антарктиды к некоторым азиатским и европейским странам, извлечения сырья из вод океанов и их донных отложений.

Биосфера — часть Земли, в которой возникают и проводят свои жизненные циклы все живые организмы. Особая заслуга в разработке учения о биосфере принадлежит русскому исследователю-энциклопедисту В.И. Вернадскому (1864-1945).

В основе многих современных экологических проблем лежат реальные химические процессы. Чтобы эффективно решить ту или иную экологическую проблему, необходимо выявить химическую причину ее возникновения. Отсюда следует необходимость “химизации” экологических знаний. Более того, конкретные решения большинства экологических вопросов связаны с достижениями химической науки. Только выяснив генезис проблем, можно целенаправленно искать методы их решения. Часто в химии усматривают только причину нарушения экологического равновесия в природе, что порождает желание объявить именно ее виновницей всех экологических бед. Однако без химии человечество не может комфортно существовать и, что важно, решить накопившиеся экологические проблемы. Нужно уяснить, что экологические проблемы порождает не наука химия, а использование ее результатов и достижений экологически неграмотным человеком [9]. Взгляд на любую экологическую проблему с химических (молекулярных) позиций не только важен для формирования широкого мировоззренческого

кругозора. Анализируя молекулярные основы проблем, мы почти всегда можем извлечь пользу практического характера.

В современной жизни, особенно в производственной деятельности человека химия играет исключительно важную роль. Нет почти не одной отрасли производства, не связанной с применением химии [10, 11]. Природа нам дает лишь исходное сырье- дерево, руду, газ, нефть и т.д. Подвергая природные материалы химической переработке, получают разнообразные вещества, необходимые для с/х, для изготовления промышленных изделий и для домашнего обихода, удобрения, металлы, пластические массы, краски, лекарственные вещества и т.д. Для химической переработки природного сырья необходимо знать общие законы превращения веществ, а эти знания дает химия. Химия настолько пронизывает всю нашу жизнь, что современный человек должен быть знаком с химией. В рамках химии представляет интерес не только обратить внимание на антропогенные воздействия, но и на поиск новых технологий.

Всеобщая озабоченность состоянием природной среды побуждает ученых и практиков различных областей наук и отраслей производства к поиску новых технологий и переоснащению старых производств с целью удовлетворения потребностей мирового сообщества.

Изучение и контроль состояния окружающей среды включают исследование таких природных ресурсов, как разнообразные воды, атмосферный воздух, почвы на присутствие в них загрязняющих химических веществ, нарушающих сложившееся экологическое равновесие в природе. В экологическом мониторинге активно используют различные химические и физико-химические, физические, биологические методы анализа. Целью химии становится определение концентрации загрязняющих веществ в различных природных объектах, таких как природные и сточные воды различного состава, донные отложения, атмосферные осадки, воздух почвы, биологические объекты.

Химия окружающей среды, по одному из определений, занимается изучением источников, реакций, поведения химических веществ в водной, почвенной, воздушной окружающей среде и действии на них техносферы. **Химия окружающей среды** – наука, занимающаяся химическими аспектами окружающей среды. С одной стороны она – часть химии, такая же, как органическая химия, физическая химия или биохимия, с другой стороны – она изучает окружающую человека среду. Химия окружающей среды находится на стыке геохимии, экологии, учений об атмосфере и гидросфере.

В настоящее время в блоке наук об окружающей среде существует несколько химических дисциплин:

- Экологическая химия: исследует взаимодействия организмов и среды их обитания, опосредованные природными химическими веществами.
- Токсикологическая химия: химия ядовитых веществ, занимающаяся, главным образом, вопросами их взаимодействия с живыми тканями и организмами.
- Аналитическая химия окружающей среды: приложение аналитической химии для обнаружения различных веществ в окружающей среде.

Выяснению влияния отдельных неорганических веществ на биосферу посвящены последующие разделы.

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекса кафедры общей и неорганической химии и вместе с другими учебными пособиями и методическими материалами будет полезно для самостоятельной работы студентов при освоении курса общей химии.

Авторы

1. Химические элементы в биосфере

Все многообразие окружающей нас действительности (и мы сами) состоит из комбинаций атомов сравнительно небольшого числа химических элементов [2]. Около 90 элементов существует в природе, остальные получены искусственно с помощью ядерных реакций. Организм человека содержит около 70 элементов. Всего лишь 8 элементов: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний - составляют по массе 99% земной коры, причем половина приходится на кислород, а четверть на кремний. Поскольку все живое и окружающая живое среда состоят из атомов определенных элементов, совершенно ясно, что любое экологическое взаимоотношение только тогда будет глубоко раскрыто и понятно, когда будут проанализированы атомно-молекулярные основы этого взаимоотношения. Циклические перемещения химических элементов в биосфере придают последней определенную стабильность и обуславливают ее специфические свойства. Поэтому рассмотрение вопросов превращения элементов в природе, роли которую они играют для биосферы, ее живых и неживых компонентов является ключевым моментом для понимания основ той или иной экологической проблемы.

1.1. Элементы биогенные и второстепенные

Из химических элементов, встречающихся в природе в существенных количествах, примерно половину составляют биогенные элементы, они жизненно необходимы организмам [3, 8]. Количество биогенных элементов составляет около 25. Оставшаяся половина (тоже около 25 элементов) – второстепенные элементы, не представляющие какой либо известной ценности для живой клетки. Классификация наиболее распространенных в природе пятидесяти химических элементов приведена на рис. 1. Сам термин "второстепенные" не совсем удачен. В природе нет таких элементов, к которым можно относиться пренебрежительно. "Второстепенность" следует понимать как редкость, слабое распространение атомов некоторых элементов в составе живой природы. В свою очередь, биогенные элементы делят на макро- и микроэлементы.



Рисунок 1. Классификация наиболее распространенных в природе химических элементов

1.2. Макро- и микроэлементы

Макроэлементы (у животных к ним обычно относят 11 элементов) включают две группы: основные (6), из которых строятся биомолекулы клетки - белки, нуклеиновые кислоты, липиды и углеводы, и другие (5). Для углерода, азота, кислорода и водорода используют также исторически сложившееся общее название органогены, т.е. элементы, порождающие органические вещества [7]. Роль микроэлементов в жизни человека для одних из них доказана, для других вероятна. Главный критерий, по которому отличают макро- от микроэлементов - потребность организма в элементе, выраженная в мг/кг массы или мг/сутки (рис. 2). Макро- и микроэлементы имеют и другие различительные особенности. Так, содержание макроэлементов в организме находится на постоянном уровне и даже случайные существенные отклонения от этого уровня не вызывают серьезных осложнений для жизни. Недостаток или избыток микроэлементов (даже незначительный) приводит к заболеваниям. Другая особенность макро- и микроэлементов заключается в том, что первые в организме представлены в основном органическими соединениями (прежде всего это относится к основным макроэлементам).

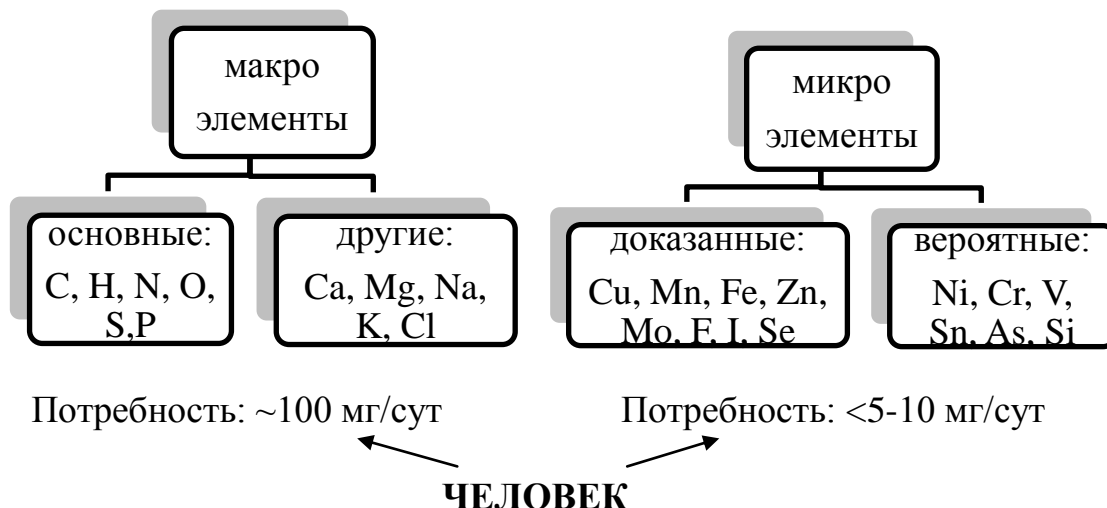


Рисунок 2. Макро- и микроэлементы

Вторые входят в состав сравнительно простых неорганических или координационных (комплексных) соединений [9]. Следует заметить также, что питательной ценностью обладают лишь биологически доступные элементы, которые содержатся в пищевых продуктах в виде солей или других растворимых химических соединений. Макро- и микроэлементы не всегда удается четко разграничить, особенно если деление применять к разным группам организмов. Для растений набор микроэлементов (рис. 3) несколько отличен от животных: бор, например, необязателен для последних, а натрий не столь существенен для растений.

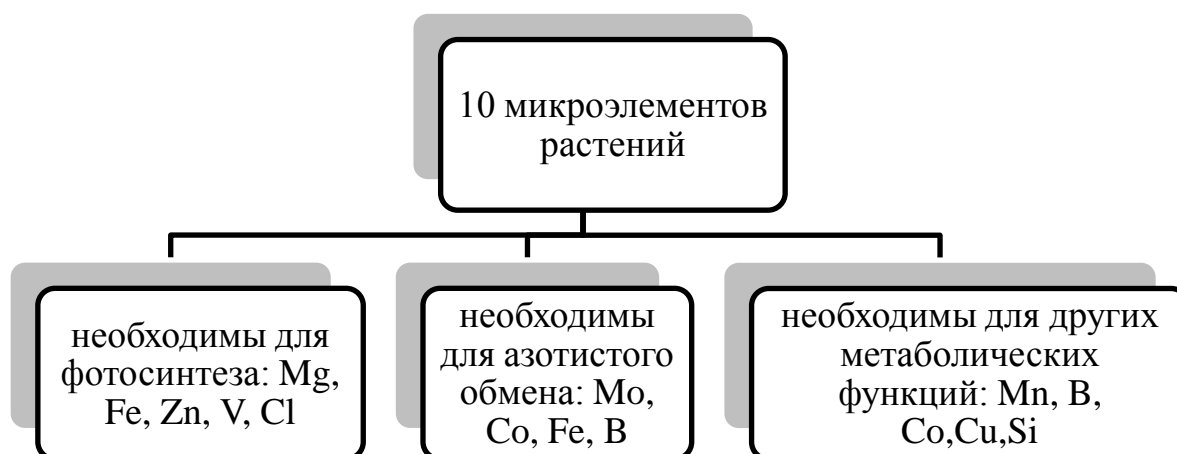


Рисунок 3. Микроэлементы

2. Круговороты азота, кислорода, углерода, серы, фосфора и воды в природе

Почти все известные элементы не находятся в природе в какой-либо одной химической форме. Они непрерывно циркулируют в больших или меньших масштабах, либо в замкнутых стабильных циклах, либо открытых циклах, например «литосфера — гидросфера — атмосфера — литосфера»; «гидросфера — литосфера», с участием на каждом этапе биосферы. В таких циклах происходит переход элемента из одной химической формы в другую в ряде случаев в результате сложных биохимических процессов.

Стабильность циклического круговорота ряда элементов сейчас нарушена человеческой деятельностью. Наблюдается накопление тех или иных соединений элементов на отдельных этапах циклов с неблагоприятным воздействием их на биосферу. Биосфера обменивается химическими элементами в виде их различных соединений с окружающей средой, и прежде всего с литосферой (земной корой). С развитием промышленности из недр Земли извлекаются и переносятся в биосферу все возрастающие количества различных неорганических соединений с большим разнообразием элементов. Поток химических элементов в виде их соединений, проходящий в связи с этим через биосферу, крайне велик, порядка $5 \cdot 10^8$ т в год.

Нынешний химический состав биосферы содержит одних элементов (C, H, N, P, Cl, S) значительно больше, чем литосфера, по другим элементам состав биосферы и литосферы почти одинаков (Ru, Ag, Au, Zn и Cd). Остальные элементы содержатся в биосфере в незначительных количествах.

Для нормального функционирования биосферы необходимо, чтобы концентрация некоторых элементов в воде и продуктах питания была почти постоянной, в пределах 10^{-6} - 10^{-4} %, в частности В, I, Cu, V, Ni [11]. За этим пределом, при большем или меньшем содержании некоторых элементов, наблюдаются функциональные расстройства, различные заболевания, возрастает возможность гибели отдельных видов фауны и флоры.

Ниже рассматривается круговорот наиболее важных для биосферы элементов.

2.1. Круговорот азота

Атмосфера служит основным резервом для круговорота азота. В гидросфере содержание азота составляет примерно $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л, а в литосфере — исчезающе малые количества. Азот исключительно важен

для биосферы. Белки животных организмов содержат до 17% азота. Постоянная смена химических форм азота является источником жизни многих организмов [12].

Из атмосферы вместе с осадками азот попадает в почву в виде NH_4NO_3 и HNO_3 в результате реакций: $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$ (действие атмосферных электрических разрядов); $\text{NO} + 0,5\text{O}_2 = \text{NO}_2$; $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 0,5\text{O}_2 = 2\text{HNO}_3$; $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$. Таким путем в почву ежегодно вносится около 15 кг/га азота. Кроме того, азот захватывается азотфиксирующими бактериями (от 10 до 350 кг/га в год).

Накопленные в почве запасы связанного азота служат источником питания высших растений, с которыми связанный азот поступает в организмы животных (рис. 4). Растения и животные, отмирая, дают начало органическим соединениям азота, в основном аминокислотам. Эти соединения затем превращаются в соли аммония, а последние — в нитраты, реже в нитриты, снова усваиваемые растениями. Так, цикл движения азота в биосфере замыкается.

Часть азота в почвах может восстанавливаться до молекулярного, с переходом последнего в атмосферу. Часть растворимых соединений азота вымывается из почв дождями и грунтовыми водами и попадает в водоемы, ускоряя рост водорослей и цветение воды.

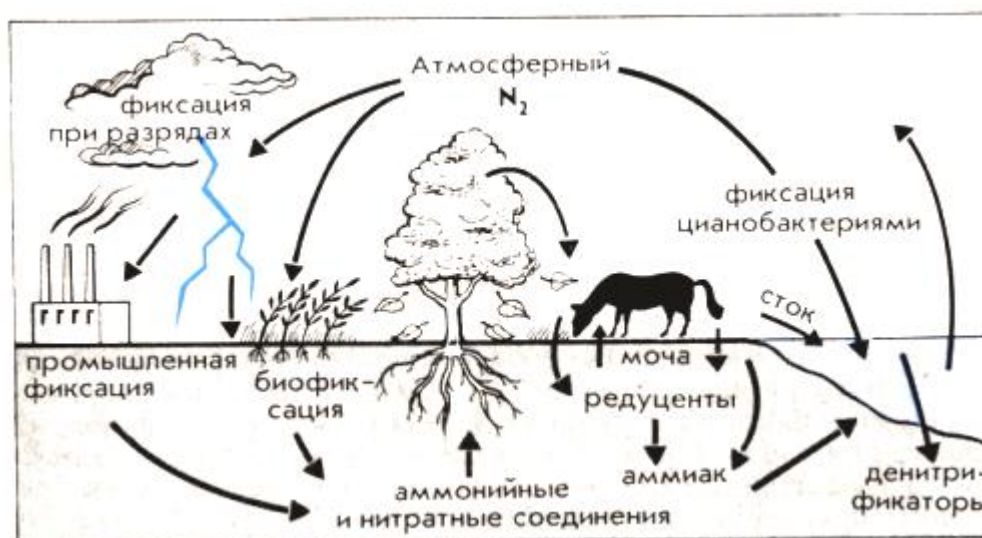


Рисунок 4. Круговорот азота

Деятельность человека нарушила установившееся равновесие в распределении азота на Земле. В балансе фиксируемого азота все большее значение приобретает искусственно синтезируемый аммиак, количество которого удваивается каждые 5—6 лет. Значительные количества аммиака выделяются также из почв сельскохозяйственных угодий.

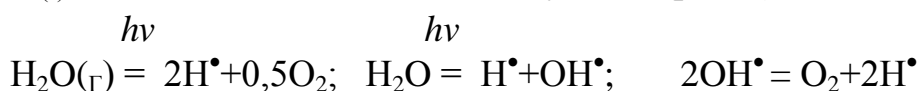
дий из-за широкого использования азотных удобрений (до 200 млн. т в год). В атмосфере аммиак окисляется, превращаясь в оксиды азота. Такое же количество оксидов азота образуется при полетах самолетов.

Круговорот азота в природе определяется скоростями процессов фиксации и денитрофикации (выделение азота в атмосферу). При разбалансе этих скоростей азотная атмосфера Земли может исчезнуть за несколько миллионов лет.

2.2. Круговорот кислорода

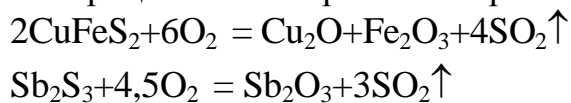
Кислород — важнейший компонент жизненных и энергетических процессов. Основной потребитель кислорода в природе — флора и фауна. Подсчитано, что весь кислород атмосферы проходит через земные живые организмы, включая человека, примерно за 10 лет. В настоящее время потребление кислорода на Земле приблизилось к уровню его воспроизводства в естественных биохимических циклах [12].

Важнейшими источниками кислорода в неживой природе являются CO_2 и H_2O . Часть кислорода образуется в стратосфере в результате диссоциации $\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ под действием солнечного излучения (рис. 5):

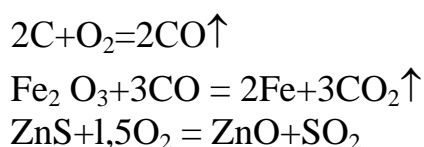


Другая часть кислорода выделяется зелеными растениями и фитопланктоном океанов и морей в процессе фотосинтеза из H_2O и CO_2 . Например, один гектар леса ежегодно производит около 45 000 м³ кислорода.

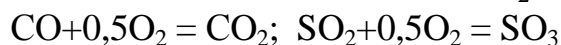
Атмосферный кислород расходуется в громадных количествах в реакциях горения разных видов топлива, в процессе дыхания живых организмов, в окислительных процессах выветривания горных пород:



Без кислорода невозможно осуществление металлургических процессов:



Расходуется кислород и на непрерывное пополнение озона в стратосфере, на окисление в озоновом слое CO и SO_2 :



Подсчитано, что автомобильный транспорт Земли сжигает ежегодно около 1 млрд. т кислорода, выбрасывая в атмосферу до 115 млн. т CO, более 1 млн. т SO₂. Эти цифры с каждым годом растут. В воздухе больших городов в часы «пик» содержание кислорода уменьшается настолько, что оно соответствует высоте 5000 м над уровнем моря.

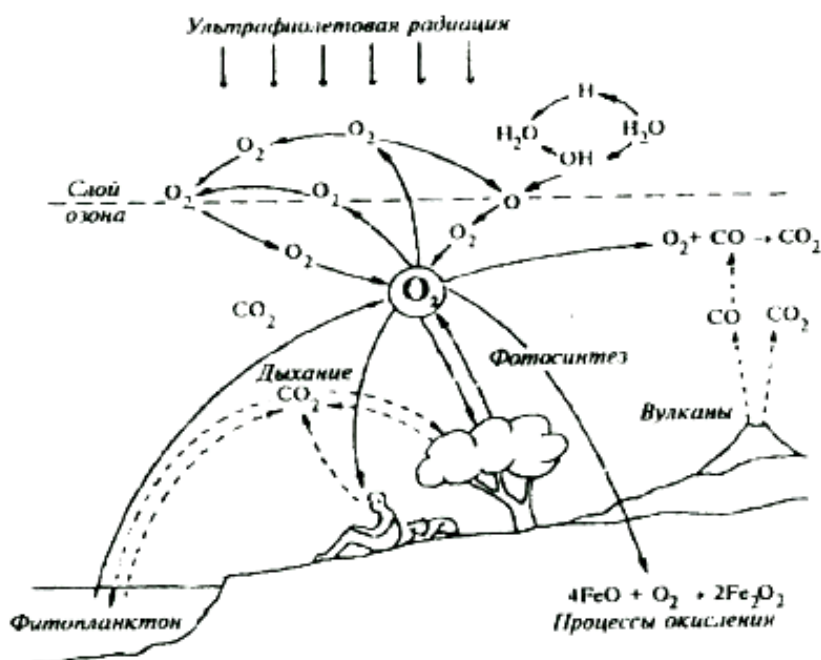


Рисунок 5. Круговорот кислорода

Значительные количества кислорода растворяются в гидросфере до концентрации примерно $1 \cdot 10^{-5}$ % и расходуются на различные окислительные процессы. Когда концентрация растворенного кислорода и нитратов сильно снижается, некоторые виды бактерий начинают получать необходимый им кислород за счет восстановления SO₄²⁻ ионов до H₂S и тем самым создают в водоемах безжизненные зоны.

2.3. Круговорот углерода

В круговороте углерода основную роль играет CO₂. Основными хранилищами этого вещества являются: гидросфера ($\approx 1,3 \cdot 10^{14}$ т), атмосфера ($\approx 2,3 \cdot 10^{12}$ т) и биосфера ($\approx 2,0 \cdot 10^{12}$ т углерода). Ежегодно в атмосферу поступает $\approx 5,6 \cdot 10^{16}$ т CO₂, а в гидросферу — примерно $2 \cdot 10^{16}$ т [13].

Брожение и минерализация органических веществ, а также дыхание наземных и водных растительных организмов дают около 56% посту-

пающего в атмосферу CO_2 , жизнедеятельность почвенных микроорганизмов — около 38%, а дыхание животных и людей — всего 1,6%. Промышленные выбросы CO_2 в атмосферу составляют $\sim 5 \cdot 10^9$ т в год, из них 50% остается в атмосфере, а остальная часть попадает в процессе фотосинтеза в биосферу и поглощается гидросферой (рис. 6).

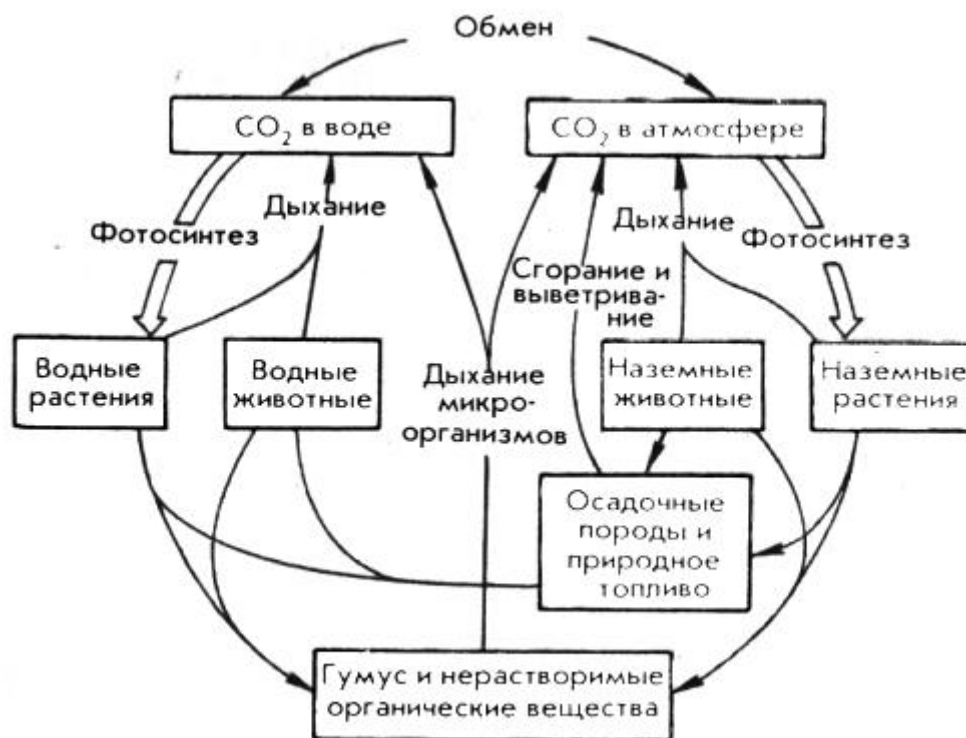


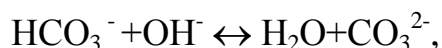
Рисунок 6. Круговорот углерода

Из атмосферы CO_2 ($\approx 30\%$) адсорбируется гидросферой, причем в больших количествах в холодных частях Мирового океана. Гидросфера действует как насос, перекачивающий CO_2 из холодных регионов в теплые, где CO_2 частично вновь выделяется в атмосферу. Примерно 10^{11} т CO_2 находится в непрерывном круговороте между атмосферой и океаном.

Диоксид углерода участвует в реакциях, протекающих в гидросфере:



В обычных условиях pH океанов не выходит из пределов 7,0-8,5. Для этой области значений pH более 80% углерода будет находиться в виде HCO_3^- - ионов. В такой форме углерод легко усваивается организмами, живущими в водной среде. Если концентрация OH^- -ионов возрастает (pH > 10), то протекает реакция

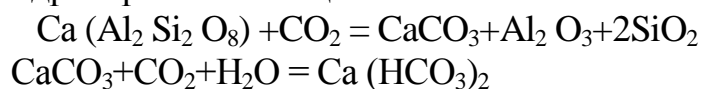


вызывающая осаждение карбонатов и основных карбонатов. С этого момента наблюдается массовый уход свободно плавающих организмов, прекращение жизни в воде данного района. Понижение рН ниже 6,0 в водах океанов пока не наблюдалось. В кислой среде начались бы реакции



приводящие к выделению CO_2 в атмосферу, к изменению климата на всей планете.

Диоксид углерода атмосферы расходуется также на процесс выветривания горных пород, превращая последние сначала в средние, а затем в гидрокарбонаты, которые вымываются водой и накапливаются в океане. Например, при выветривании полевых шпатов, в частности анортита, образуется гидрокарбонат кальция:



Общее количество CO_2 , связываемое ежегодно при выветривании горных пород, достигает 2 млрд. т углерода [14, 15].

В процессах дыхания из атмосферы постоянно извлекается кислород, а возвращается CO_2 . Растения извлекают в процессе фотосинтеза из атмосферы и гидросферы около 150 млрд. т углерода в год в виде CO_2 и выделяют одновременно 100 млрд. т кислорода.

Вырубка лесных массивов, сжигание топлив, обжиг кальцита и других карбонатов приводят к накоплению в атмосфере CO_2 в больших количествах, чем поглощается это вещество в процессе фотосинтеза.

Таким образом, замкнутого цикла в круговороте CO_2 в наше время не наблюдается.

2.4. Круговорот фосфора

Круговорот фосфора проще, чем круговорот азота, кислорода и углерода (рис. 7). Он ограничен лишь гидросферой и литосферой. Циркуляция фосфора зависит от его запасов в горных породах и донных отложениях океанов. Гидросфера — конечный пункт одностороннего движения фосфора: из почв в воды океанов и их донные отложения.

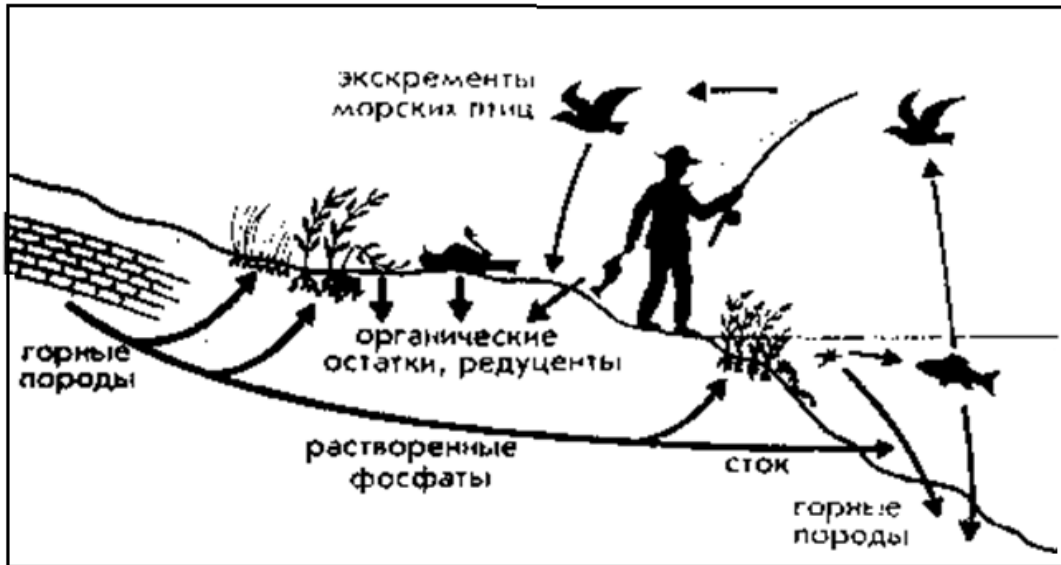


Рисунок 7. Круговорот фосфора

Естественные химические формы фосфора в гидросфере: PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- . Среди этих форм преобладают ионы HPO_4^{2-} (90%), лучше всего усваиваемые растительным и животным миром. В живых организмах растворимые фосфаты превращаются в аденозинтрифосфат: $\text{C}_5\text{N}_5\text{H}_4 \cdot \text{C}_5\text{O}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{PO}_4 \cdot (\text{HPO}_3)_2$, при помощи которого запасается энергия в биологических клетках (рис. 8). (Аденозинтрифосфат — универсальный аккумулятор энергии, ее источник для самых различных процессов в живой природе.)

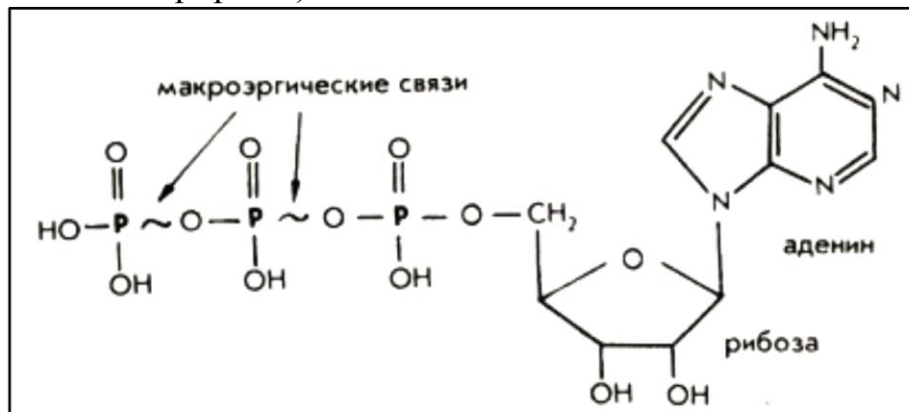


Рисунок 8. Аденозинтрифосфат

После отмирания живых организмов и растений органические соединения, содержащие фосфор, попадают обратно в почву, где они распадаются с образованием в конечном счете фосфатов, возвращающихся в

гидросферу, в придонные осадки, где и заканчивается миграция фосфора.

С увеличением производства и применения удобрений круговорот фосфора ускоряется. Ежегодно урожаи всего мира и неполное усвоение удобрений уносят с полей свыше 10 млн. т фосфора, который затем попадает в гидросферу. Поэтому многие водные системы быстро становятся насыщенными по фосфатам, выделяя их избыток в донные отложения.

2.5. Круговорот серы

В круговороте серы в природе участвуют несколько ее соединений: SO_2 , H_2SO_4 , H_2S , сульфаты и, свободная сера.

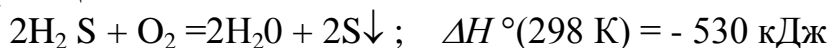
В атмосфере сера попадает в виде SO_2 и H_2S , которые окисляются до H_2SO_4 . Серная кислота частично выпадает на землю с осадками («кислотные дожди»), частично взаимодействует с аммиаком с образованием аэрозоля $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В почвах кислота тотчас же вступает во взаимодействие с карбонатами:



Значительная часть образовавшихся сульфатов уносится почвенными водами в реки, затем в океаны и накапливается в донных отложениях в виде гипса [15].

Часть сульфатов извлекается из почвы растениями и превращается в белки, содержащие серу, которые усваиваются затем животными. После отмирания растений и животных их белковые вещества разлагаются, и сера выделяется в виде сероводорода, включающегося снова в круговорот. Главную роль в поступлении серы из биосферы играет диметилсульфид $(\text{CH}_3)_2\text{S}$.

Сера появляется в почвах и гидросфере под воздействием серобактерий, получающих необходимую для их жизни энергию за счет экзотермической реакции:



Выделяемая сера откладывается в телах серобактерий, достигая 95% от их общей массы. Сера погибших бактерий окисляется кислородом воздуха до серной кислоты:



Серобактерии играют положительную роль в жизни живой природы, снижая концентрацию H_2S в почвах и гидросфере.

Цикл серы в окружающей среде лишь частично балансируется выделением H_2S из океанов в атмосферу (около 15 млн. т в год). Основная

часть серы, как и фосфора, накапливается постепенно в донных отложениях океанов в виде малорастворимых сульфатов металлов [14].

В заключение следует заметить, что в связи с резко возросшей химической нагрузкой на биосферу химик-неорганик, инженер или исследователь не может в своей творческой деятельности оставлять без внимания окружающую среду. Новые технологические процессы не должны разрушать биосферу.

2.6. *Круговорот воды*

В глобальный гидрологический цикл (круговорот воды) входят три основных потока: осадки, испарения и влагоперенос (рис. 9). Осадки в виде дождя и снега в основном выпадают в океаны (385 тыс. км³ в год). Поверхностный сток и поток грунтовых вод направлены с суши в океан. В атмосферу вода возвращается, испаряясь. Большой вклад в этот процесс вносит **транспирация** - физиологическое испарение воды растениями (в основном через устьица листьев). Водяной пар переносится атмосферными потоками с океана на сушу. На рис. 10 цифры приведены в тыс. км³ в год.

Вода распределена по планете очень неравномерно (рис. 10).

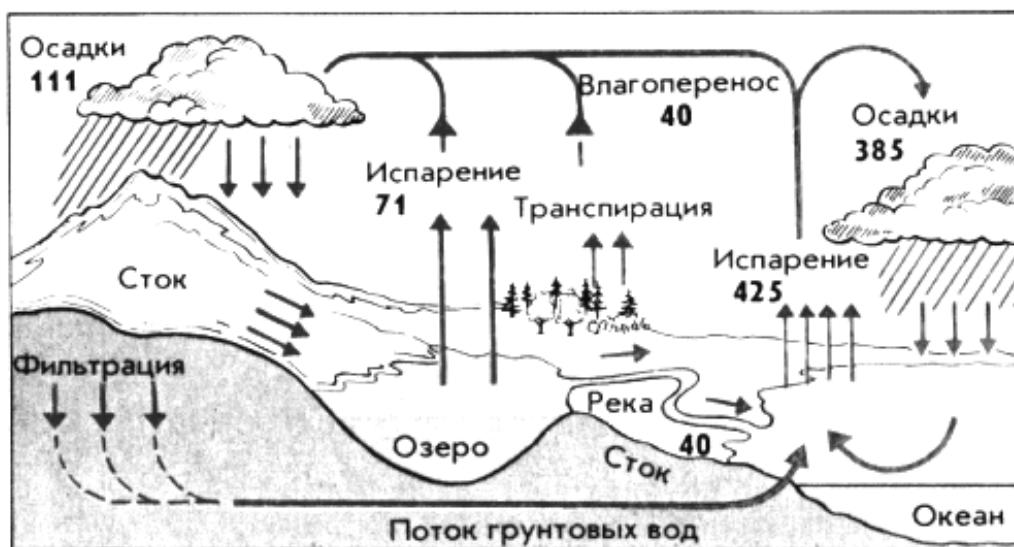


Рисунок 9. *Круговорот воды*

Океаны содержат основную часть (97,41%), и лишь малая часть воды находится на суше (2,59%). Из этой воды большая часть малодос-

тупна (ледники, снега, грунтовые воды), и лишь 0,014% всего влагозапаса планеты доступно людям и другим живым организмам.

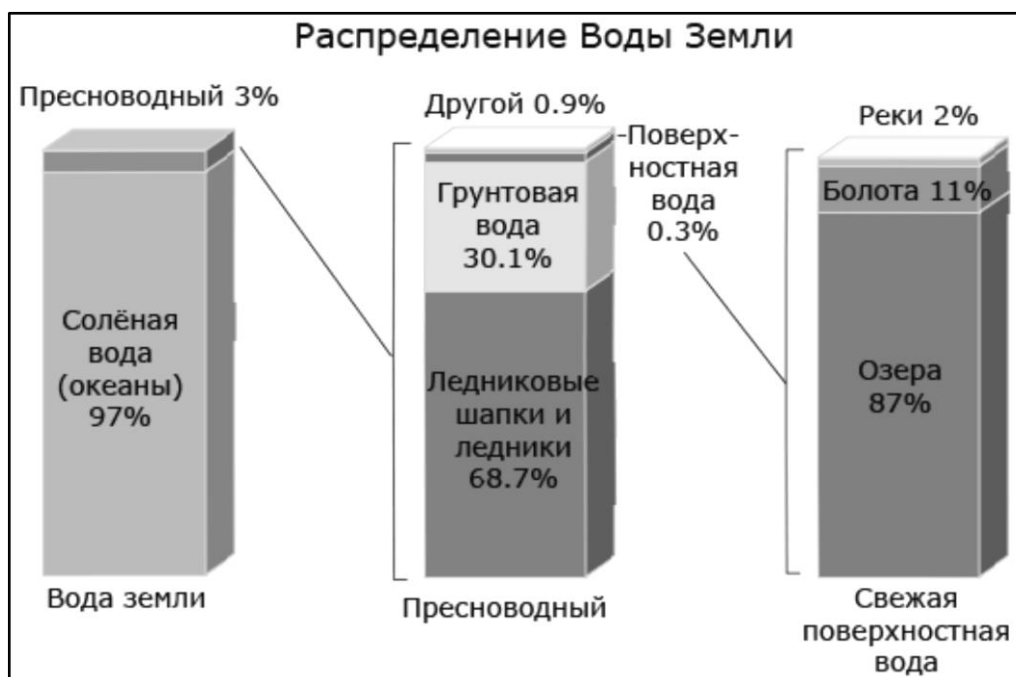


Рисунок 10. Распределение воды на Земле

Таким образом, из 1360 млн. км³ мировых запасов H₂O около 9000 км³ может быть использовано человеком. Этого запаса достаточно, чтобы обеспечить нужды 20 млрд. человек (сейчас планету населяют около 60 млрд.) [10, 11]. Однако имеется много районов, где воды катастрофически не хватает, а в других местах она потеряла свои качества и стала непригодной из-за неразумных действий человека.

3. Загрязнение окружающей среды

Прежде чем говорить о загрязнении, следует определиться с тем, что мы будем понимать под этим словом. Интуитивно каждый понимает – что такое загрязнение, но когда речь заходит о том, чтобы дать четкое его определение, мы сталкиваемся с множеством формулировок. Наиболее приемлемым остается, все-таки, давно известное человечеству понимание того, что «**загрязнение** – все то, что не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, что выводит ее системы из состояния равновесия, отличается от обычно наблюдаемой нормы и/или желательного для человека». Создано множество классификаций загрязнений [8].

1. По объектам: загрязнение вод (поверхностных и подземных), загрязнение атмосферы, загрязнение почв, загрязнение космического пространства и т. п.
2. По масштабам: локальное, региональное, глобальное.
3. По природе действующих факторов: физическое, химическое, биологическое (см. рис. 11).
4. По характеру воздействия на объекты окружающей среды.

Большинство загрязнителей – химические вещества, возникающие в качестве побочных продуктов или отходов добычи, переработки и использования ресурсов. Имея в виду то, что предметом нашего изучения является именно химия окружающей среды, мы в первую очередь и наиболее подробно остановимся на химических загрязнениях. В настоящее время в повседневном использовании в мире применяется около 80 000 синтетических веществ. В ходе промышленного и сельскохозяйственного производства образуется порядка 100 000 веществ. Так или иначе, все эти вещества попадают в окружающую среду. Для того чтобы можно было охватить все многообразие загрязняющих химических агентов в среде, нам необходима классификация.

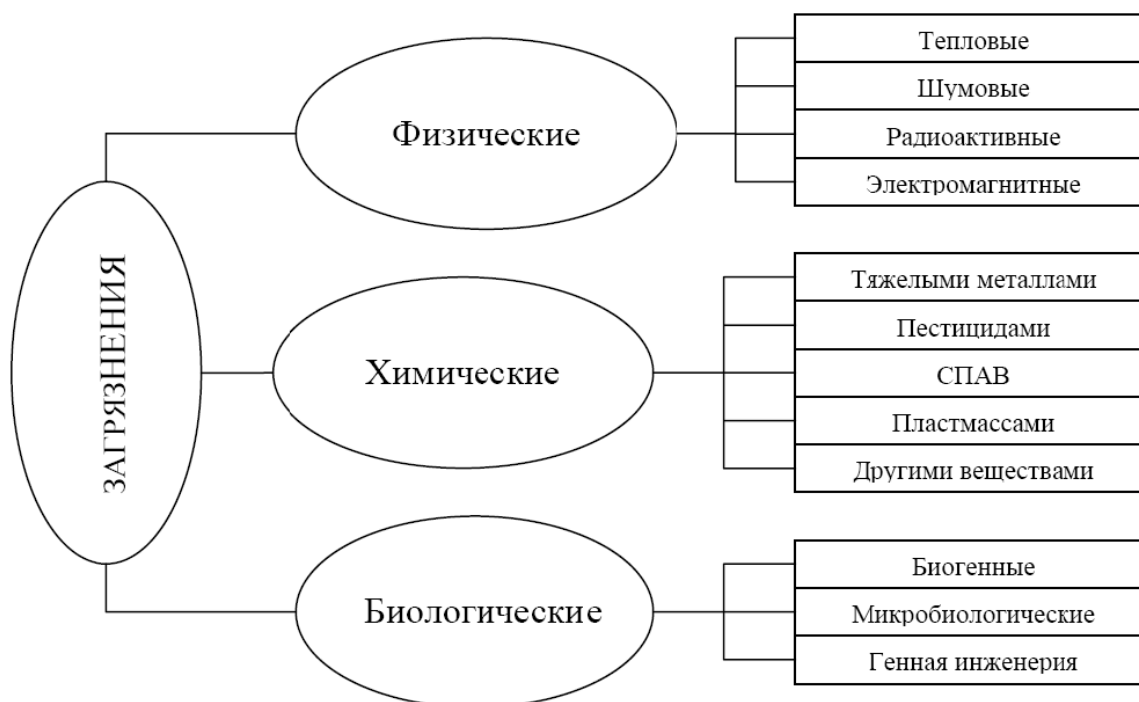


Рисунок 11. Классификация загрязнений по природе действующего агента

3.1. Природные и антропогенные загрязнения

Одна из причин, по которым отвергается определение загрязнения как «связанного с человеческой деятельностью» – то, что загрязнители попадают в окружающую среду не только в результате деятельности человека, но и «естественным путем». Отходы деятельности любой системы являются загрязнителями для остальных. Но в процессе эволюции биосферы возникли механизмы утилизации этих загрязнений и теперь продукты жизнедеятельности одних подсистем биосферы служат источниками существования других [9]. В биосфере не существует «ресурсов», используемых для «продукции» (в обыденном понимании этих слов), как и не существует отходов. Производство органического вещества и его разложение в биосфере сбалансированы. Отходы жизнедеятельности животных (продукты выделения, фекальные массы, трупы животных) перерабатываются другими животными, минерализуются микроорганизмами и возвращаются в биотический круговорот. То же происходит с отмершими растениями. Углекислота, образуемая гетеротрофными организмами в процессе дыхания, повторно используется растениями для воссоздания органического вещества с помощью солнечной энергии. Кислород, побочный продукт, образуемый растениями в ходе фотосинтеза, изначально был ядовит для живых организмов, но жизнь выработала механизм его обезвреживания. Этот механизм оказался очень эффективным способом трансформации энергии и теперь распространен почти повсеместно в биосфере. Нам он известен как дыхание.

Природное загрязнение окружающей среды включает в себя и катастрофы. Наиболее яркими примерами здесь могут служить извержения вулканов. При этом необходимо помнить, что вулканическая активность обеспечивает и возврат в круговорот биосферы химических элементов из мантии Земли. Можно упомянуть и космические катастрофы, например, гипотетический гигантский метеорит с которым связывают массовое вымирание динозавров.

Очень многие вещества, рассматриваемые как загрязнители, поступают в окружающую среду, как в результате техногенной активности, так и из природных источников [13]. Биогенные вещества (главным образом соединения азота и фосфора) – важнейшие компоненты бытовых и сельскохозяйственных сточных вод и естественные продукты метаболизма животных. Окислы серы и бенз(а)пирены попадают в атмосферу в ходе природных пожаров, многие металлы – благодаря вулканической активности, окись азота образуется при вспышках молний, нефть попадает в водоемы в районах естественных нефтепроявлений. Большое ко-

личество дисперсных веществ поступает в атмосферу естественным путем. Таковы продукты выветривания горных пород, частички почвы, морская соль. Эруптивные газы вулканов (выделяющиеся при извержениях) содержат углекислый газ, сероводород, сернистый газ, соединения галогенов. Фумаральные газы (выделяемые в спокойном состоянии) – сернистый, углекислый, сероводород, метан. Естественные гейзеры и геотермальные источники поставляют в атмосферу окиси углерода и серы в количествах, сопоставимых с выбросами тепловых электростанций. Только один такой источник может поставлять в среду ежегодно 200 тыс. т хлора, 100–1000 т аммиака, фтора, серной кислоты, 1000–10000 т сероводорода. Антропогенное загрязнение отличается, пожалуй, в первую очередь, большей концентрацией загрязняющих веществ. Возникают необычные для биосферы сгущения обычно разреженных элементов, такие как свалки, отвалы, места захоронения отходов. Кроме того, современная цивилизация вынуждает биосферу к включению в биотические кругообороты экзотических веществ, таких как, например, алюминий, синтетические элементы, ксенобиотики. Большая часть загрязнителей рассеивается и разлагается, и их концентрация снижается до безопасного уровня.

3.2. Точечные и диффузные источники загрязнения

Точечные источники – четко локализованные. Неточечные – трудноопределимые. Загрязнители могут поступать в окружающую среду из точечных источников или диффузно. Точечный источник – одиночное место, которое может быть идентифицировано как источник загрязнения. Примерами может служить сточная труба по отношению к водотоку или водоему, крупное предприятие, город и т.п. Мониторинг точечных источников загрязнения значительно легче осуществлять, чем диффузных. Диффузные выбросы не имеют такой легко устанавливаемой привязки к определенному месту. Они поступают сразу на большой площади, как, например, в случае с кислотными дождями, выпадающими сразу на площади водосборного бассейна, биогенными элементами, образующимися из удобрений и просачивающимися из почвы на значительной длине реки. Примером диффузного загрязнения может служить и поступление загрязняющих веществ с выхлопами автомобильных двигателей [16].

3.3. Виды загрязняющих веществ

Мы определили загрязнение как-то, что находится не там, не тогда и не в том количестве, в котором ему положено быть. Любое инородное вещество как вредное, так и нейтральное, не оказывающее вредного воздействия на окружающую среду, можно определить как примесь или чужеродное вещество, в англоязычной, а по ее примеру теперь и в отечественной литературе называемое *контаминантом* (примесь, инородное вещество, постороннее вещество, грязь) [17].

Если вещества вызывают деградацию окружающей среды, они называются загрязнителями. Теперь и в русскоязычных публикациях загрязнители достаточно часто называют *поллютантами* (загрязняющий агент, загрязняющая примесь, загрязнение, токсичная составляющая). Однако, техногенные отходы, попадающие в природную среду, далеко не обязательно являются загрязнителями. Они могут служить пищей или субстратом для развития организмов, выигрывающих от их присутствия. Такие вещества становятся загрязнителями только в том случае, если их концентрации настолько велики, что они вызывают стресс у организмов или экосистем. Даже в этом случае некоторые специфические организмы могут выигрывать от присутствия этих отбросов. Загрязнители воздействуют на природу несколькими путями. Некоторые из них токсичны, оказывая прямое действие на метаболизм водных организмов. Такие вещества называются *токсикантами*, или ядовитыми веществами. Практически нет загрязнителей токсичных для всех видов организмов (разве что высококонцентрированные вещества). Гораздо более обычно не прямое действие – неблагоприятное для организмов изменение физических или химических свойств среды. Сильное загрязнение полностью уничтожает жизнь и, соответственно, экологические системы. Для большинства типов и концентраций токсикантов, тем не менее, такое экстремальное воздействие не характерно. В большинстве случаев токсиканты избирательно удаляют чувствительные виды, создавая более благоприятные условия для других видов за счет появления новых источников пищи, новых местообитаний, исчезновения конкурентов или хищников. Таким образом, загрязнения вызывают экологические сдвиги. Это часто наблюдается в областях воздействия постоянных источников загрязнения. Среда в таких случаях постоянно изменена. Временные воздействия, как правило, не вызывают таких последствий.

Специфическую группу загрязнителей составляют *мутагены* – генетически активные вещества, вызывающие мутации (изменения) наследственной информации подвергающихся их действию организмов. В потомстве этих организмов могут проявляться мутантные – генетически

измененные особи. Мутагенное действие, как правило, сопряжено с канцерогенным для многоклеточных растений и животных. *Канцерогены* – вещества, стимулирующие рост злокачественных новообразований (раковых опухолей) у обработанных ими организмов. Иногда их называют *онкогенами*. Кроме того, ряд веществ способен нарушать нормальное развитие эмбрионов многоклеточных организмов, вызывая появление измененных дефектных особей. Их не следует путать с мутантными особями. Такие вещества называются *тератогенами*.

3.4. Токсикология

Токсикологией называется исследование неблагоприятного действия химических веществ на живые организмы путем изучения природы этого действия и оценки вероятности его возникновения [18]. *Описательная токсикология* занимается, главным образом, биотестированием, т. е. определением воздействия тех или иных токсикантов на определенные организмы с тем, чтобы полученные оценки экстраполировать на людей или другие живые существа. *Токсикология механизмов действия* (mechanistic toxicology), как и следует из ее названия, исследует механизмы действия токсикантов на живые организмы и пытается установить связь между структурой вещества и механизмом его действия. *Регуляторная токсикология* способствует принятию решений о допустимости использования того или иного вещества в хозяйственных целях на основе его токсикологических характеристик. *Токсикология окружающей среды* (environmental toxicology) или *экотоксикология* оценивает воздействие веществ на экосистемы в целом, или на организм человека, через изменение характеристик окружающей среды.

3.5. Токсичность

Всякое отклонение от физиологической нормы рассматривается как нарушение. Нарушение биологической нормы расценивается как проявление токсического действия, хозяйственной нормы – как результат токсического действия загрязнителей. В определении критерия токсичности приняты два подхода: медицинский, в основе которого лежит понятие физиологической нормы; биологический, опирающийся на биологическую и хозяйственную нормы. Самым простым и наглядным критерием токсичности является выживаемость – получение ответа «погиб–выжил». Критериями токсического действия на водоросли могут служить изменение численности клеток, изменение последовательности

прохождения стадий развития, способность клеток к размножению. Для зоопланктона предлагались такие критерии токсичности как выпадение отдельных видов из состава сообщества, нарушение партеногенетических циклов, изменение плодовитости, снижение биомассы. Для рыб предлагалось оценивать токсическое действие по плодовитости, качеству потомства. Можно измерять темпы роста, интенсивность газообмена, сердечный ритм, гематологические показатели, электропроводность тканей. Используют также поведенческие реакции, интенсивность фотосинтеза, плазмолиз, движение протоплазмы, свечение клеток в УФ-свете, люминесценцию светящихся бактерий и многие другие показатели. *Острые опыты* продолжаются 1, 2, 4 сут., *хронические* – от 10 до 90 сут. Наиболее разумным представляется совмещение экспресс-методов и длительных опытов. *Прямая токсичность* подразделяется на: *острую токсичность*, когда большая доза яда за короткий промежуток времени, вызывает быстрый летальный исход, и *хроническую токсичность*, когда низкая доза яда за длительный промежуток времени приводит к летальному или сублетальному эффекту. Кроме того, выделяют еще *кумулятивную токсичность*, при которой токсический эффект нарастает или усугубляется с накоплением действующего агента. *Токсическая концентрация* вызывает нарушение физиологических функций организма, которое может закончиться либо выздоровлением, либо гибелью организма. *Минимально действующая концентрация* – та концентрация вещества, которая начинает оказывать отрицательное действие на организм и достоверно изменяет его биологические показатели. *Минимально токсическая концентрация* вызывает начальные, клинически достоверные признаки отравления. *Максимально переносимая концентрация* вызывает резко выраженные признаки отравления. *Летальная концентрация* приводит к гибели организма. При оценке токсического действия любого вещества на графике доза – эффект (концентрация – эффект, экспозиция – эффект) можно выделить три зоны: витальная, сублетальная, летальная. Существует ряд измерений токсичности: Полулетальное время (LT50) – время, за которое данная концентрация тестируемого вещества вызывает гибель половины подопытных организмов. Полулетальная концентрация (CL50) или доза (LD50) – концентрация или доза тестируемого вещества вызывающая за данное время гибель половины подопытных организмов. CL100acuta – острая летальная концентрация, вызывающая гибель всех подопытных организмов в остром опыте. CL100chronica – хроническая летальная концентрация, вызывающая гибель всех подопытных организмов в хроническом опыте.

3.6. Определение ПДК

В настоящее время принято, что предельно допустимая концентрация (ПДК) – количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии на организм человека в течение заданного промежутка времени не вызывает необратимых (патологических) изменений в нем и у его потомства [19]. Концепция ПДК базируется на двух предположениях:

1. эффект любого химического фактора пропорционален его интенсивности и выражается формулой «доза–время–эффект»;
2. биологическое действие любого химического фактора подчиняется принципу пороговости, ниже которого не обнаруживается реакция организма.

Соответственно, в основе нормирования лежит максимальная недействующая доза. Для воздушной среды различают ПДК для атмосферного воздуха и для рабочей зоны. При этом существуют максимально разовая доза и среднесуточная. Первая устанавливается из условия отсутствия рефлекторных реакций в организме в течение 20 мин. Разработаны ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. При установлении ПДК для воды учитываются три признака вредности:

1. общесанитарный;
2. органолептический;
3. санитарно-токсикологический.

Лимитирующий признак вредности. ПДК химического соединения в водоеме устанавливается по тому признаку вредного действия, который характеризуется наименьшей концентрацией. Эффект суммарного действия вредных веществ с одним и тем же лимитирующим признаком вредности суммируется:

$$aA^{-1} + bB^{-1} + \dots + nN^{-1} \leq 1,$$

где a, b, \dots, n – концентрации веществ, для которых установлены ПДК A, B, \dots, N . Необходимо помнить, что разные типы загрязнений присутствуют совместно. Они взаимодействуют друг с другом. При этом их токсичность изменяется. Например, закисление или образование соединений с органическими веществами увеличивает токсичность ионов многих металлов. Поэтому при установлении ПДК следует учитывать разные виды взаимодействия веществ друг с другом: *аддитивность* – простое суммирование эффекта, *антагонизм* – взаимное ослабление действия веществ, *синергизм* – взаимное усиление действия, превосходящее аддитивный эффект. Кроме того, следует помнить о возможности *биоаккумуляции* – накоплении поступающего с пищей или

водой яда в организме, *биоаккумуляции* – адсорбции токсического вещества кожными покровами или органами дыхания, *биомагнификации* – роста концентрации токсического вещества в пищевой цепи.

4. Гидросфера

Обзор рассмотрения химического загрязнения окружающей среды наиболее уместно начать с гидросферы. Дело в том, что практически все химические агенты загрязнения проявляют свою токсичность именно в водной фазе, кроме того, загрязнение и атмосферы, и геосферы немедленно сказывается на гидросфере. В XXI веке вода стала лимитирующим фактором для существования человечества [2, 10].

Водой покрыто 70,8% поверхности Земли. Воды на Земле 1,4 млрд. км³, из этого количества только 35 млн. км³ (или 2,5%) приходится на долю пресной воды. Однако значительная часть пресной воды (24 млн. км³) находится в форме ледников и снежного покрова Антарктиды, Гренландии и Арктики и в подземных запасах. В реках и озерах сосредоточено всего 0,007% от общих запасов воды на Земле (95 тыс. км³).

Между тем реки и озера — основные источники пресной воды, во все большей степени подвергаются загрязнению отходами многочисленных заводов и фабрик. Без потребления пресной воды не может работать ни одно производство. Например, для выплавки 1 т стали нужно 150—200 м³ воды, для выпуска 1 т капронового волокна необходимо 5600 м³ чистой воды, а 1 т бумаги — почти 20 000 м³.

В реки и озера попадают огромные массы высокоминерализованных вод, выливающих на поверхность земли при разработке нефтяных и газоконденсатных месторождений. В производстве соды образуются в виде отходов большие количества CaCl₂, которые либо сбрасываются в реки, либо спускают в выработанные шахты или в специальные водоемы, расположенные около заводов.

В таблице 1 приведены данные о подушевом потреблении воды современного человека. Безвозвратное потребление воды человечеством составляет 9 км³/сут.

Доступные человечеству запасы пресной воды, сосредоточенные в озерах и водохранилищах составляют 125·10³ км³. Отсюда легко подсчитать, что без постоянного возобновления этого источника только за счет безвозвратного водопотребления человечество способно использовать всю доступную наличную воду менее чем за 40 лет. А если учесть и «возвратное» водопотребление, при котором возвращаемая вода часто

загрязнена настолько, что не может служить средой обитания водным организмам, то срок сократится до 10–12 лет.

Таблица 1. Потребление воды на одного человека в сутки

Вид потребления	Объем, м ³ /сут.
Бытовое в сельской местности	0,045
Бытовое в городах	0,460
Промышленное потребление	0,900
Производство электроэнергии	1,600
Сельскохозяйственное потребление	2,200
Итого	5,200
В том числе: безвозвратное	1,500

Отсюда понятна необходимость поддержания водных экосистем, естественных фабрик чистой воды, в рабочем состоянии, позволяющем им и далее выполнять свои средостабилизирующие функции. Уже сейчас больше двух десятков стран испытывают серьезные проблемы, связанные с недостатком воды.

Таблица 2. Время разложения компонентов бытового мусора в морской воде

Компонент	Время
Бумажная салфетка	2-4 недели
Окрашенное дерево	13 лет
Газета	6 недель
Разовый стаканчик*	50 лет
Тетрапак	2 мес.
Жестяная банка	50 лет
Огрызок яблока	2 мес.
Поплавок от сети	80 лет
Картонная коробка	3 мес.
Алюминиевая банка	200 лет
Х/б перчатка	1-5 мес.
Пластиковая бутылка*	450 лет
Шерстяная перчатка	1 год
Стеклянная бутылка	Вечно
Рыболовная леска*	500 лет

* – пластик разложению не подвержен, но с течением времени измельчается.

С ростом населения и распространением индустриализации с простым выбросом отходов в водную среду возникло две проблемы: во-первых, концентрации традиционных отходов возросли настолько, что природные процессы перестали справляться с ними; во-вторых, появились новые типы загрязнителей, с которыми организмы никогда не сталкивались в процессе их эволюционной истории.

Значительную долю загрязнения вод составляет обычный бытовой мусор. Подсчитано, что ежедневно на каждого человека – участника водных перевозок (пассажир или член команды) в среднем выбрасывается за борт от 1,1 до 2,6 кг мусора.

Таблица 3. Загрязнение вод различными отраслями промышленности.

Отрасль промышленности	Преобладающий вид загрязняющих компонентов
Нефтегазодобыча, нефтепереработка	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы, аммонийные соли, сульфиды
Целлюлозно-бумажный комплекс, лесная промышленность	Сульфаты, органические вещества, лигнины, смолистые и жирные вещества, азот
Машиностроение, металлообработка, металлургия	Тяжелые металлы, взвешенные вещества, фториды, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, фенолы, смолы
Химическая промышленность	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, ароматические углеводороды, неорганика
Горнодобывающая, угольная	Флотореагенты, неорганика, фенолы, взвешенные вещества
Легкая, текстильная, пищевая	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, другие органические вещества

Это дает 6,5 млн. т в год. Значительная часть этого мусора с точки зрения экосистем практически вечна (см. табл. 2) и, скапливаясь вдоль берегов, в заводях, устьях рек, он серьезно нарушает нормальное функционирование гидробиоценозов.

Наибольший вред окружающей водной среде наносит выпуск промышленных сточных вод, даже прошедших очистку. В таблице 3 приведены компоненты сточных вод для разных отраслей промышленности. Но начнем мы обзор загрязнения гидросферы с самого массового и неизбежного загрязнения – бытовых сточных вод.

4.1. Загрязнение вод металлами. Источники поступления

Металлы принадлежат к числу главных неорганических загрязнителей пресных и морских вод [4, 6, 12]. Это, в основном, соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути. Острота проблемы загрязнения водной среды токсичными металлами определяется:

- высокой концентрацией соединений тяжелых металлов в прибрежных районах океана и внутренних морях;
- образованием высокотоксичных металлоорганических комплексов, которые как включаются в абиотический компонент экосистемы, так и поглощаются гидробионтами;
- накоплением металлов гидробионтами в дозах, опасных для человека.

Среди загрязняющих веществ по токсикологическим оценкам «стресс - индексов» тяжелые металлы занимают второе место, уступая только пестицидам.

Основные источники поступления токсичных металлов в водную среду – прямое загрязнение и сток с суши. Только воды рек ежегодно приносят в океан свыше 320 Мт железа. Кроме того, важная роль в загрязнении гидросферы металлами принадлежит атмосферному переносу.

4.2. Токсичность тяжелых металлов

Многие тяжелые металлы являются канцерогенами. Мышьяк вызывает рак легких, свинец – рак почек, желудка, кишечника, никель – рак полости рта, толстого кишечника, кадмий – практически все формы рака [4].

Токсичность тяжелых металлов для планктона определяется тем, что планктонные организмы (особенно фильтраторы) концентрируют металлы, которые ввиду своей неразложимости сохраняются в живых тканях неограниченное время, способствуют гибели планктонов, а с отмершим планктоном оседают в донных отложениях. Кроме того, что они аккумулируются организмами, они концентрируются в пищевых цепях, что во многом, но не во всем определяет разную токсичность металлов для разных групп гидробионтов.

4.2.1. Мышьяк

Мышьяк широко распространен в содержащих фосфаты породах и соответственно встречается в виде примесей в фосфатных удобрениях или детергентах, производимых из этого сырья. Обычные формы

мышьяка в природе: $H_3 AsO_3$, $As(OH)_3$, $H_3 AsO_4$. Некоторое количество мышьяка используется в качестве пестицида в виде арсенатов натрия и меди для опрыскивания плодовых деревьев. Но основными антропогенными источниками мышьяка являются сжигание угля и выплавка металлов [6]. Если средние концентрации мышьяка в воздухе больших городов составляют $0,01-0,56 \text{ мкг м}^{-3}$, то вблизи плавильных предприятий (на расстоянии нескольких км) $1,5-7,9 \text{ мкг м}^{-3}$, а содержание мышьяка в летучей золе угольных электростанций составляет $43-312 \text{ мг кг}^{-1}$. У человека острое отравление мышьяком вызывает появление металлического вкуса во рту, рвоту, сильные боли в животе, острую сердечно-сосудистую и почечную недостаточность, судороги. Хроническая интоксикация (при потреблении воды, содержащей более $0,1 \text{ мкг л}^{-1}$ мышьяка) вызывает гиперпигментацию, кератоз, рак кожи. Смертельная доза для мышьяка составляет $-0,06 - 0,2 \text{ г}$ (от 1 до $2,5 \text{ мг As кг}^{-1}$ массы тела).

4.2.2. Свинец

Ежегодно добывается примерно $3,5 \text{ Мт}$ свинца, а с учетом повторного извлечения из отходов производство свинца составляет $4,1 \text{ Мт год}^{-1}$. Загрязнение природных вод и воздуха свинцом происходит в результате процесса обжига и плавки свинцовых руд с целью получения металлического свинца, за счет выбросов отходов с производств, использующих свинец, а также при сжигании угля, древесины и других органических материалов, включая городские отходы. Кроме того, значительные количества свинца попадают в окружающую среду благодаря использованию свинцовых труб для водопроводов и свинцово-кислотных аккумуляторов (рис. 12).

До сих пор серьезными источниками загрязнения окружающей среды остаются алкильные соединения свинца [10]. Только за последние 40 лет примерно 10 Мт свинца переработано в тетраэтилсвинец, который используется в качестве антидетонаторной присадки в автомобильном бензине. Из антропогенных источников свинца этот считается важнейшим. Количество свинца, ежегодно попадающего в океан в результате применения алкилсвинца в качестве антидетонатора дизельного топлива, оценивается в 25 кт . $Pb(CH_2CH_3)_4$ добавляется в бензин, что позволяет двигателям работать при больших давлениях. В бензин добавляют также CH_2Cl-CH_2Cl и CH_2Br-CH_2Br . В результате сгорания топлива свинец попадает в атмосферу в виде аэрозольных частиц $PbBrCl$ размером менее 2 мкм , попадающих в легкие и оседающих там. Общее

содержание свинца в водах Мирового океана составляет 2,8 Мт при средней концентрации $2 \cdot 10^{-3}$ мкг л⁻¹. В гидробионтах концентрация свинца варьирует в пределах 50-20 000 мкг кг⁻¹ сырой массы. Свинец в организме человека накапливается в костях, вытесняя соли кальция. Кроме того, он депонируется в мышцах, печени, почках, селезенке, головном мозге, сердце и лимфатических узлах.

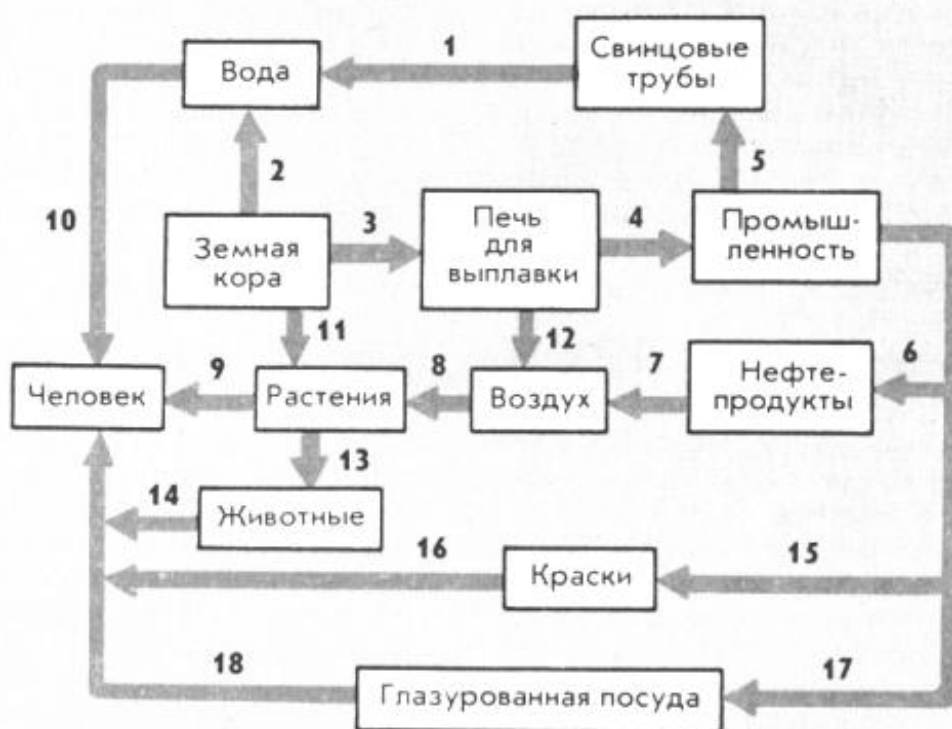


Рисунок 12. Перемещение свинца в окружающей среде. 1 - загрязнение свинцом воды, проходящей по трубам; 2-вымывание свинца из пород и руд; 3-рудоперерабатывающие процессы; 4 - получение чушкового свинца; 5- прокат труб; 6- получение этилированного бензина; 7 - автомобильные выхлопы; 8 - адсорбция свинца растениями из загрязненной атмосферы; 9 - употребление человеком в пищу загрязненной сельскохозяйственной продукции; 10 - использование загрязненной питьевой воды; 11 - попадание свинца в растения через корневую систему ; 12 - выбросы в атмосферу при выплавке; 13 - поедание загрязненных растений животными; 14 - употребление человеком в пищу мяса сельскохозяйственных животных, выращенных на загрязненных кормах; 15 - изготовление свинецсодержащих красок; 16 – попадание свинца с красками в организм человека; 17 - покрытие посуды свинцовой глазурью; 18 - попадание свинца в пищу из глазурированной посуды

Для свинцовой интоксикации характерна «свинцовая колика» – резкий спазм сосудов, повышение артериального давления, спастико-

атонические явления в кишечнике, появление судорожных припадков, развивается гипохромная анемия. Смертельная доза свинца для человека составляет 20–50 г.

4.2.3. Ртуть

Ртуть относится к числу наиболее токсичных металлов, чаще других встречаемых в окружающей среде. Ртуть – один из самых редких элементов с очень низким содержанием в земной коре [5]. Она встречается в природе в виде красного сульфида, циннабара, черного сульфида и в виде жидкой ртути. В окружающую среду ртуть поступает как из природных источников, так и из источников техногенного происхождения (рис. 13). Природная ртуть попадает в биосферу из относительно глубоких слоев земной коры благодаря вулканической, гео- и гидротермальной активности.

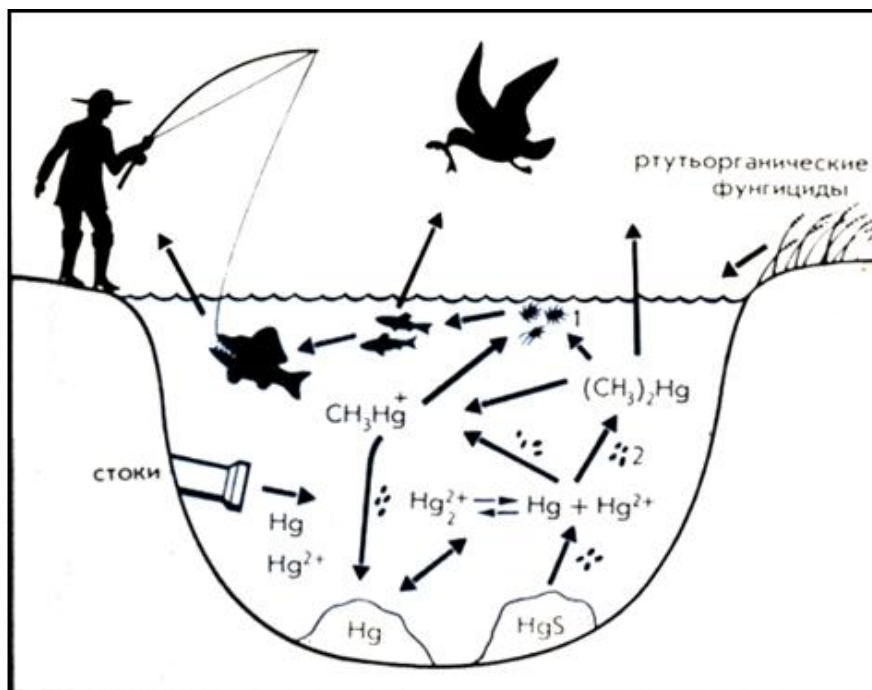


Рисунок 13. Химические превращения и перемещения ртути в загрязненных водоемах

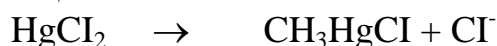
Главные антропогенные источники ртути:

- сжигание ископаемого топлива;
- выбросы промышленных предприятий, из которых наиболее важны сбросы сточных вод с электролизных фабрик по

производству хлорощелочей и едкого натра и предприятий, где сульфат ртути используется в качестве катализатора;

- использование в сельском хозяйстве различных биоцидов, содержащих
- ртутные соединения.

В водоемах ртуть может превращаться биогенно с помощью микроорганизмов из относительно малотоксичных форм высокотоксичные. Такой процесс называют иногда метилированием ртути в водоемах. Он может быть описан реакцией:

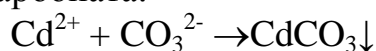


Было подсчитано, что в результате деятельности человека в окружающую среду ежегодно поступает до 10 кт ртути, из которых 3 кт – за счет сжигания ископаемого топлива. В морскую среду попадает около 5 кт ртути, общее ее количество в водах Мирового океана равно 10 Мт при средней концентрации 0,01-0,03 мкг л⁻¹. Ртуть токсична для фитопланктона, поэтому загрязнение ртутью существенно снижает первичную продукцию морских экосистем. Фито- и зоопланктон аккумулирует ртуть в широком диапазоне концентраций 30-3 800 мкг кг⁻¹ сухой массы, показатель аккумуляции ртути может превышать 40 000 Ее ПДС для водоемов принято не более 0,005 мг л⁻¹. В континентальных и океанических водах концентрация ртути составляет примерно 1 мкг кг⁻¹. Фактическое содержание ртути в водах рек промышленно развитых стран превышает ПДС в 2-4 раза, а содержание ее в тканях рыб нередко в 100-200 раз превышает таковое в природных водах. В тканях, например тунца, концентрация может достигать 120 мкг кг⁻¹. Отходы, содержащие ртуть, обычно скапливаются в донных отложениях заливов или эстуариях рек. Дальнейшая ее миграция сопровождается накоплением метиловой ртути и ее включением в трофические цепи водных организмов (особенно крабов и рыб). Например, в канадских озерах Сент-Клэр концентрация ртути в рыбах составляла 2–4 мг кг⁻¹, в мышцах большой голубой цапли 23 мг кг⁻¹, в печени – 175 мг кг⁻¹. Смертельная доза солей ртути для человека составляет 0,5 г.

4.2.4. Кадмий

В природе кадмий, как правило, ассоциирован с цинком и их разделение экономически нерентабельно. Ежегодно во всем мире добывается до 18 кт кадмия. Кадмий широко используется в электронной промышленности, производстве пластмасс, красителей, растворителей. Наибо-

лее известно его использование в никеле-кадмиевых аккумуляторах. В окружающей среде кадмий присутствует в виде двухвалентного иона, осаждаемого в виде карбоната:



В кислой среде ионы кадмия освобождаются:



К основным антропогенным источникам поступления кадмия в окружающую среду относятся горнорудные и металлургические предприятия, а также сточные воды [10]. Курение поставляет в окружающую среду 6–11 т кадмия ежегодно. Всего воды Мирового океана содержат примерно 140 Мт кадмия при средней концентрации 0,1 мкг/л. Кадмий накапливается водными животными, но не концентрируется в пищевых цепях. Концентрация кадмия в разных гидробионтах изменяется от 50 до 550000 мкг/кг сухой массы. У некоторых видов устриц, например, коэффициент накопления кадмия равняется 318 000. Кадмий – один из самых опасных токсикантов. Токсичность кадмия связана со схожестью его химических свойств с цинком. При этом он связывается с серой более прочно, чем цинк и, следовательно, вытесняет цинк из многих ферментов, в которых тот используется как ко-фактор. Естественно, эти ферменты прекращают функционировать. Смертельной может быть доза 30–40 мг. В организм человека кадмий попадает, в основном, с растительной пищей. Однажды поглощенное количество кадмия выводится из человеческого организма чрезвычайно медленно (0,1 % в сут.). Самые ранние симптомы отравления кадмием – поражение почек, нервной системы и половых органов. Затем возникают острые костные боли в спине и ногах, нарушаются функции легких.

Таким образом, мы рассмотрели как естественные компоненты природной среды – тяжелые металлы становятся опасными для экологических систем и человека благодаря техногенной деятельности которого они извлекаются из литосферы, концентрируются и вовлекаются в биотический круговорот. При этом, в силу своей консервативности, они накапливаются в тканях живых организмов так, что их содержание в организмах высших трофических уровней (включая человека) может достигать смертельных величин.

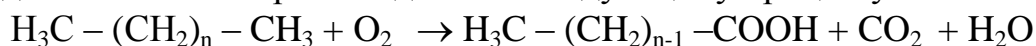
4.3. Нефть

С 1880 г. добыча нефти растет по экспоненте и сейчас ее ежегодно извлекают из недр земли и донных отложений в объеме $3,2 \cdot 10^{18}$ л., общие потери нефти при транспортировке не превышают 15-20%. В со-

став нефти входит более 150 различных углеводородов, из них примерно одну половину составляют алифатические, а другую – ароматические. Из алканов наиболее часто встречаются гексан, гептан, октан, нонан, декан. Из ароматических в основном бензол, толуол и три изомера ксилола. В различных сортах нефти (в зависимости от происхождения) доля каждого компонента варьируется в широких пределах, так же как и доля других, более редких составных частей, содержащих, в частности, азот, серу кислород, железо, никель ванадий, медь и т.д. Выделяют пять типов воздействия нефти на морские экосистемы:

1. непосредственное отравление живых организмов с летальным исходом;
2. нарушение физиологической активности у гидробионтов;
3. прямое обволакивание нефтепродуктами живого организма;
4. возникновение болезней, вызванное попаданием в организм углеводородов;
5. негативные изменения в среде обитания.

В водоемах нефть и нефтепродукты скапливаются первоначально в поверхностной пленке, однако затем при перемешивании воды образуются устойчивые эмульсии в толще воды, которые частично растворяются или оседают на дно. Аэробные бактерии, деятельность которых обуславливает естественное самоочищение водоемов, окисляют нефтепродукты до нетоксичных соединений (в конечном итоге до CO_2 и H_2O). Большинство метаболических превращений углеводородов нефти под действием бактерий сводится к следующему процессу:



Таким образом, в окружающей среде оказываются значительно менее вредные соединения. Однако эти процессы идут очень медленно и лишь при определенных условиях (достаточной концентрации кислорода и температуры воды не ниже $5-10^\circ\text{C}$). На рис. 14 показаны основные пути этих превращений.

Бактерии различных видов селективно разрушают определенные компоненты нефтяного загрязнения, поэтому для полного самоочищения в случае нефтяных разливов требуется наличие определенного комплекса видов микроорганизмов. При этом n-алканы, например разлагаются значительно быстрее и легче, чем более устойчивые циклопарафины и ароматические углеводороды. С другой стороны, последние быстрее растворяются, чем n-алканы, при равных температурах воды.

Легколетучие низкомолекулярные компоненты нефтяного загрязнения испаряются с поверхности пленки и могут, кстати, значительно загрязнить локальную область тропосферы.

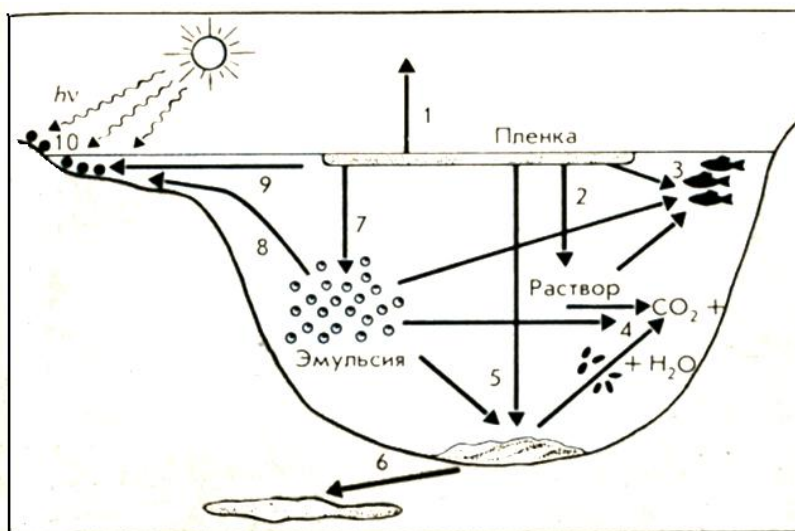


Рисунок 14. Основные пути превращений и перемещений нефти в водоеме: 1-испарение легкокипящих компонентов нефти и нефтепродуктов; 2-растворение некоторых компонентов; 3-поглощение гидробионтами с последующей трансформацией; 4 - бактериальное окисление; 5 - осаждение на дно; 6 - накопление в грунте и попадание в воды водоносного горизонта; 7 - эмульгирование нефти; 8 - образование водно-нефтяных смолистых шариков, загрязняющих побережья; 9 - то же из поверхностной пленки при перемешивании верхних слоев воды и из-за приливов-отливов; 10 - фотоокисление нефтяных компонентов в прибрежных водах

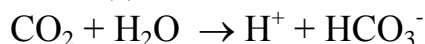
ПДК для паров нефти равна 10мг/л; выше этих значений загрязнения нефтепродуктами могут вызвать болезни органов дыхания и нервной системы у человека [17, 18].

В пресноводных водоемах летальной концентрацией нефтепродуктов для взрослых особей рыб считаются значения около 10-15мг/л, а при значительно более низких концентрациях (0,05-1,0мг/л) гибнут икра мальки, а также планктон - кормовая база рыб. Превращения и перемещения разлившейся нефти в водоемах достаточно сложны и зависят от множества факторов.

4.4. Кислотные дожди

Кислотные осадки, попадая в водоемы, делают их тоже кислыми [8]. Особенно чувствительны к изменению рН среды икра рыб и мальки.

Даже обычный дождь в экологически чистой местности имеет подкисленную реакцию (pH=5,6-6,0) за счет того, что диоксид углерода атмосферы частично растворяется в воде:



Пагубное воздействие процессов “закисления” водоемов на их обитателей складывается из двух факторов.

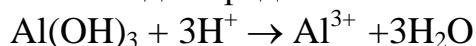
1. Прямое воздействие.

Кислоты непосредственно нарушают жизненно важные функции гидробиотов. Например, моллюски имеющие известковые раковины, в кислой воде лишаются своих покровов:



2. Косвенное воздействие.

Кислая вода с низким значением pH (а в некоторых пострадавших водоемах эти значения достигают 4,0!) взаимодействует с донными породами с высвобождением в толщу воды токсичных веществ, в частности, содержащих кадмий и ртуть. В нейтральной воде такие вещества мало растворимы и особой опасности для гидробионтов не представляют. Например, присутствующий в донных породах нерастворимый в нейтральной среде гидроксид $\text{Al}(\text{OH})_3$ дает в закисленных водах среднетоксичный ион Al^{3+} :



Следует особо подчеркнуть, что кислотные осадки – проблема интернациональная. Локальные выбросы серосодержащих веществ, скажем, на северо – западе России могут отравить озера в Финляндии.

4.5. Тепловое загрязнение

Горячие воды в реки и озера сбрасывают заводы, использующие охлаждающие системы, и электростанции, охлаждающие водой турбины. Повышение температуры воды в озере ведет к ускорению его эвтрофикации и изменениям в балансе питательных элементов. Вследствие этого может произойти даже смена флоры и фауны (появление теплолюбивых видов). На реках в зоне сбросов горячих вод ценные местные виды рыб гибнут или откочевывают, а появляются малоценные виды, в том числе даже аквариумные – гуппи и цихлиды. (рис. 15). Кроме того, повышение температуры воды в водоемах вследствие теплового загрязнения способствует усилению токсичности, ксенобиотиков, а также их более активной трансформации [2-4].

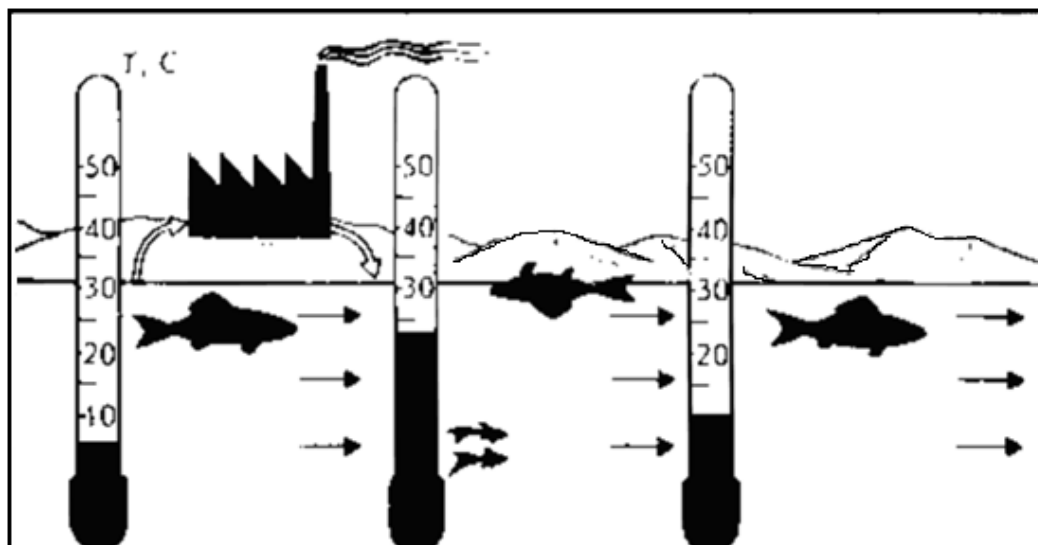


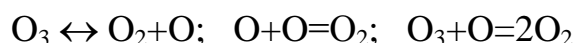
Рисунок 15. Тепловое загрязнение воды

5. Атмосфера

Атмосфера представляет собой чрезвычайно сложную физико-химическую систему. До 10 км атмосфера носит название тропосфера, в которой мы проводим всю свою жизнь. От 10 до 50 км простирается стратосфера, от 50 до 85 км — мезосфера и выше 85 км — термосфера. Приблизительно 99% всего состава воздуха тропосферы приходится на долю двух газов — азота и кислорода, третьим по распространенности газом является аргон. В стратосфере на высоте 20—30 км находится слой озона, защищающий Землю от мощного ультрафиолетового излучения Солнца. На больших высотах солнечное излучение вызывает диссоциацию молекул O_2 на атомы (на высоте 130 км 50% молекул кислорода диссоциировано на атомы). Столкновение атомов и молекул кислорода приводит к образованию озона:

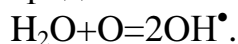


Молекулы озона сильнее всего поглощают фотоны с длиной волны от 200 до 310 нм:

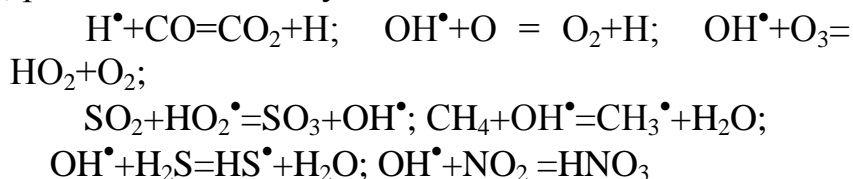


Если бы не слой озона в стратосфере, то фотоны с такой большой энергией достигли бы поверхности Земли и уничтожили на ней все живое. Последние годы над Антарктидой в озоновом слое образовалось окно, то расширяющееся, то сужающееся.

Кроме приведенных выше в атмосфере протекают и другие реакции с участием кислорода и озона. Среди них наиболее важная:



Своим появлением гидроксил-радикал вызывает образование целого набора атомов, радикалов и молекул:



С каждым десятилетием в тропосфере поступает все более значительное количество вредных для биосферы выбросов от переработки сульфидных и других руд, выплавки чугуна и стали, производства суперфосфата, от сгорания различных видов топлива и др.: CO_2 , SO_2 , CO , HF , Pb , H_2S , NO_2 , Hg , аэрозоли и т. п.

Каждая такая составная часть атмосферы, достигая определенной концентрации, начинает изменять условия существования живых организмов, подавляя одни и убивая другие их виды [10, 16].

5.1. Диоксид углерода

За сохранение благоприятных температурных условий у поверхности Земли ответственны главным образом два компонента атмосферы: CO_2 и H_2O . Приблизительно 71 % солнечного излучения (450—850 нм), попадающего в атмосферу, поглощается земной поверхностью. В свою очередь, земная поверхность также излучает энергию, приходящуюся на инфракрасную часть спектра $(14\text{—}16) \cdot 10^3$ нм. Поэтому находящиеся в атмосфере H_2O и CO_2 помогают поддерживать более или менее равномерную температуру у поверхности Земли (от -40 до $+40$ °C).

Все возрастающее колоссальное количество сжигаемого топлива приводит к тому, что содержание CO_2 в атмосфере неуклонно увеличивается и достигает сейчас 0,6 г/м воздуха при скорости роста 2 мг/м³ в год. Считают, что к 2020 г. содержание CO_2 в атмосфере удвоится, а это приведет к повышению средней температуры поверхности Земли на 4-8 °C (появление «парникового эффекта», рис. 16). Такое повышение температуры вызовет неизбежно глобальное изменение климата планеты, что приведет, в частности, к усилению засух, массовому размножению вредных насекомых, увеличит скорость таяния льдов Антарктиды и Гренландии [4]. Уже сейчас отмечается повышение уровня Мирового океана в среднем на 13 мм в год.

Возрастающая вырубка лесов (особенно в бассейне реки Амазонки), считающихся «легкими» планеты, также способствует увеличению CO_2 в атмосфере.

С увеличением температуры поверхности Земли возрастет температура гидросферы, что приведет к уменьшению растворимости CO_2 в морской воде, выходу глубинных вод океана и выделению CO_2 в атмосферу.

Есть сторонники и другой теории, в соответствии с которой на Земле может наступить новая ледниковая эпоха. В атмосферу заводами выбрасывается все возрастающее количество пыли, достигшее за последние годы 1 млрд. т в год. Пыль поглощает солнечную радиацию в большей степени, чем CO_2 задерживает излучение Земли.



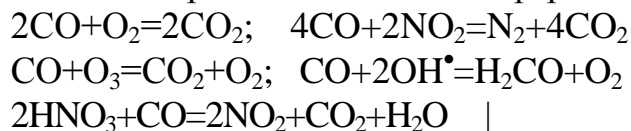
Рисунок 16. Поглощение и переизлучение Землей солнечной энергии. “Парниковый эффект” атмосферы (цифры означают долю в % того или иного процесса в энергетическом балансе Земли)

Установлено, что увеличение непрозрачности атмосферы в четыре раза вызовет уменьшение температуры поверхности Земли, примерно на 3°C . Такое понижение температуры будет достаточным для наступления льдов с Северного полюса и Антарктиды на средние широты.

5.2. Монооксид углерода

Монооксид углерода является опасным загрязнителем атмосферы [18]. Он снижает способность гемоглобина крови к переносу кислорода, вызывает появление и развитие сердечных недугов, уменьшает активность работы мозга. Особенно чувствительны к отравлению СО молодые люди и беременные женщины.

Из-за неполного сжигания природного топлива образуется ежегодно $5 \cdot 10^8$ т СО. Автотранспорт с выхлопными газами также выбрасывает в атмосферу ежегодно около $2 \cdot 10^8$ т этого газа. Существенным источником СО может быть окисление метана CH_4 биологического происхождения в тропосфере. Поверхность океанов выделяет в год $(60—220) \cdot 10^6$ т СО, образовавшегося при фоторазложении продуктов жизнедеятельности планктона, красных, сине-зеленых и других водорослей. Окисление СО в CO_2 в атмосфере протекает крайне медленно и поэтому содержание СО неуклонно возрастает. Основные реакции СО в атмосфере:



Естественный уровень содержания в атмосфере СО составляет $0,01—1,0 \text{ мг/м}^3$. Действие СО на человека начинается уже при концентрации 6 мг/м^3 . Среднесуточная предельно допустимая концентрация СО равна 3 мг/м^3 .

5.3. Диоксид серы

Сера относится к элементам, необходимым для органического мира как составная часть белков, в которых ее содержание колеблется в пределах $0,8—2,4\%$.

Но есть соединения серы — отходы безграмотных технологических процессов, нарушающие экологическое равновесие в природе. К таким соединениям относится прежде всего диоксид серы SO_2 — самый распространенный загрязнитель воздуха [10, 12]. Диоксид серы опасен для здоровья людей, особенно страдающих заболеваниями дыхательных путей. Диоксид серы снижает продуктивность сельскохозяйственных культур, замедляет рост леса.

Плотная дымка, окутывающая крупные промышленные районы, состоит главным образом из SO_2 и аэрозоля сульфата аммония.

Было обнаружено, что растения, поглотив из атмосферы SO_2 , затем выделяют обратно H_2S и CS_2 , относящиеся к канцерогенным веще-

ствам. Пагубно действует SO_2 на строительные материалы, содержащие карбонат кальция:



Такие материалы из-за большого объема продуктов коррозии постепенно разрушаются.

Диоксид серы попадает в атмосферу в немислимых количествах: во всем мире порядка 140—150 млн. т ежегодно. Приблизительно 80% выделяемого в атмосферу SO_2 связано с сжиганием угля и нефти, производством меди, свинца и цинка.

В атмосфере SO_2 окисляется до SO_3 (роль катализатора играет находящаяся в воздухе пыль оксидов металлов). Капли влаги превращают SO_3 в серную кислоту, которая вместе с дождями выпадает на землю («кислотные дожди»).

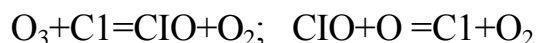
Из-за выпадения «кислотных дождей» во многих пресноводных озерах и реках уменьшается количество обитающей там рыбы (уже при $\text{pH} < 5,5$ гибнут лосось, форель, хариус, сиговые рыбы, плотва).

Диоксид серы и «кислотные дожди» увеличивают из года в год коррозию металлов, вызывают нарушения целостности лакокрасочных покрытий.

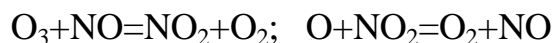
5.4. Озон

Атмосферные загрязнения постепенно уничтожают защитный озоновый слой Земли. Озон, образующийся в тропосфере, сейчас уже не компенсирует общие его потери в стратосфере. Озон уничтожают поступающие в атмосферу фторированные и хлорированные углеводороды (фреоны) и оксиды азота.

Фреоны (CCl_3F , CCl_2F_2 , CClF_3 и др.), химически стабильные в тропосфере, разрушаются в стратосфере под действием ультрафиолетового солнечного излучения, выделяя атомарный хлор, взаимодействующий с озоном:



В реакциях разложения озона участвуют многие газы, но прежде всего оксиды азота:



В этих реакциях NO играет роль катализатора распада озона. Поставщиком оксидов азота является реактивная авиация. По некоторым данным, за один трансконтинентальный перелет реактивного самолета сгорает около 35 т атмосферного кислорода, содержащего значительную долю драгоценного озона.

5.5. Оксиды азота

Оксиды азота, в основном NO, NO₂, поступают в атмосферу с выбросами заводов, автотранспорта и авиации. Считают, что каждый автомобиль выбрасывает около 4 г NO₂ на 1 км пробега. Оксиды азота являются сильными окислителями и вызывают уже при концентрации 0,002 мг/л воздуха воспаление слизистых оболочек верхних дыхательных путей, хронические бронхиты. Накопление в атмосфере оксидов азота приводит к подавлению роста лесов, заболеванию листьев у деревьев и некоторых сельскохозяйственных культур [12, 16].

5.6. Сероводород

Сероводород попадает в атмосферу при подземной выплавке серы, при использовании флотационно-автоклавного метода производства серы (на 1 т серы выделяется около 3 кгH₂S), при получении CS₂ и очистке серы от органических примесей и при ее хранении. Значительные количества сероводорода образуются при газификации углей и очистке природных газов. Постоянными источниками сероводорода все еще являются заводы по производству бумаги и целлюлозы (восстановление сульфидов лигнином древесины), коксогазовые и сланцеперерабатывающие заводы, фабрики искусственного шелка. Сероводород принадлежит к сильным ядам нервно-паралитического действия.

5.7. Аэрозоли. Свинец. Кадмий. Ртуть

При существующей технологии производства многих неорганических веществ в атмосферу выбрасываются миллионы тонн отходов в виде аэрозолей, содержащих соединения ряда металлов, губящих растительный и животный мир. Среди соединений металлов особую опасность для живых организмов представляют соединения свинца, кадмия и ртути, относящиеся к ядам кумулятивного действия [5, 6, 13].

В 1923 г. для улучшения качества бензина в него стали вводить тетраэтилсвинец РЬ(C₂H₅)₄, примерно 80 мг на 1 л бензина. С этого года началось резкое увеличение содержания свинца в атмосфере. Свинец стал одним из основных отравителей внешней среды. Заводы и автотранспорт выбрасывают ежегодно во всем мире почти 50 млн. т свинца, и более половины этого количества попадает в атмосферу при сжигании бензина с антидетонационными добавками.

Из атмосферы свинец вместе с дождями и снегом попадает в почву (ежегодно до 300 г на гектар) и постепенно в ней накапливается, переходя в некоторые сельскохозяйственные культуры. Неорганические

соединения свинца способны заменять соединения кальция в костях, превращаясь тем самым в постоянный источник отравления организма.

В атмосфере ртуть присутствует в меньшем количестве, чем в гидросфере. Основной источник поступления ртути в воздушную среду — сжигание углей и нефти, содержание ртути в которых достигает $2 \cdot 10^{-4}$ %. Подсчитано, что ежегодно свыше 1000 т ртути выбрасывается в атмосферу с аэрозолями только угольных электростанций. Ртуть попадает в воздушную среду также с заводов, производящих хлор электрохимическим методом с применением ртутных электродов.

Кадмий, как и ртуть, обладает относительно высокой летучестью, поэтому он легко проникает в атмосферу при выплавке металла, сжигании и переработке изделий, содержащих кадмий, при химической обработке цинковых, свинцовых и медных руд.

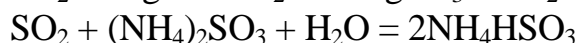
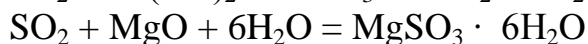
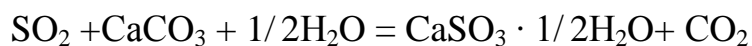
Соединения кадмия очень ядовиты. Они легко накапливаются в почках и печени, вызывают появление камней в почках.

Считают, что свинец, ртуть и кадмий образуют «тройку металлов», представляющих наибольшую потенциальную опасность для человека и окружающей среды.

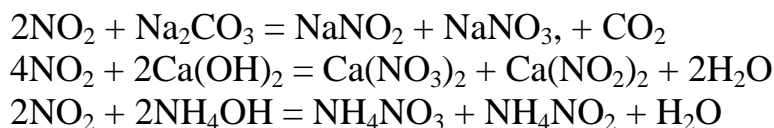
5.8. Защита воздушного бассейна от загрязнения

Защита воздушного бассейна от загрязнений стала одной из важных и сложных задач, стоящих перед человечеством. Решение этой задачи осуществляется по трем направлениям: обезвреживание выбросов, изменение состава топлива и разработка новых методов преобразования энергии и новых технологий. На первом этапе использовался и пока еще используется первый путь. Тепловые электростанции оборудуются высокими трубами для рассеивания выбросов в более высокие слои атмосферы. Электростанции и металлургические заводы имеют золоуловители для удаления золы из продуктов горения, фильтры и адсорберы для сорбции некоторых газов и твердых частиц.

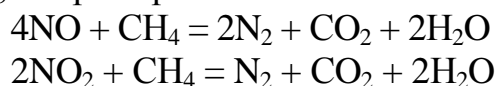
Оксиды серы и азота, имеющие кислотный характер, нейтрализуются веществами основного характера. Для нейтрализации оксида серы используется известь, известняк, оксид магния и другие вещества:



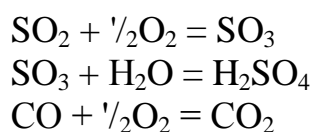
Оксиды азота нейтрализуются известью, содой, аммиаком и другими веществами:



Оксиды азота обезвреживаются также методом каталитического восстановления, например:



Диоксид серы и монооксид углерода можно окислить на катализаторах:



Для окисления монооксида углерода и восстановления оксидов азота в автомобилях предложены катализаторы, которые могут устанавливаться в выхлопных трубах и представляют собой пористую насадку с катализатором, например платиной или палладием и родием. Газовые выбросы можно также очищать методом адсорбции на активированном угле, силикагелях и цеолитах и других адсорбентах.

Обезвреживание продуктов горения и выбросов металлургических заводов весьма дорого, и в будущем, по-видимому, будут применяться другие методы защиты воздушного бассейна.

В настоящее время ученые разрабатывают энергохимические методы использования топлива. Сущность этих методов заключается в предварительной химической переработке топлива, очистке от серы и разделении его на фракции. Некоторые фракции могут служить ценным сырьем для химической промышленности, а другие фракции — топливом для электростанций. Очищенное топливо при горении будет давать значительно меньше вредных выбросов.

Наиболее кардинальным решением проблемы защиты воздушного бассейна является применение более эффективных способов генерации электроэнергии, например в парогазовых комбинированных установках, разработка новых методов преобразования энергии и новых машин, обеспечивающих безвредные выбросы, а также применение менее вредных веществ [10]. Так, например, происходит замена галогеносодержащих хладонов на новые соединения, не разрушающие озонового слоя в верхних слоях атмосферы. Существенного уменьшения загрязнения воз-

душного бассейна можно достичь, если осуществить идеи водородной энергетики.

6. Литосфера

Земная кора или литосфера (7 км под океаном и 40 км под континентами) в результате производственной деятельности человека также подвергается необратимым изменениям [3].

Из земельных кладовых извлекается во все возрастающих количествах минеральное сырье, уголь, нефть, газ и пресная вода. Остаются большие пустоты, полости, частично заполняемые подземными водами и легко подвижным грунтом. Эти полости пролегают в ряде случаев под населенными пунктами и даже городами, представляя для последних потенциальную опасность (обвалы, образование трещин на поверхности земли и т. п.). Иногда образовавшиеся пустоты заполняют отходами производства. Например, в районе г. Соликамска после извлечения карналлита — ценного сырья для производства магнезия и хлорида калия, отходы производства, в основном хлорид натрия, направляют в пустующие шахты, между тем NaCl может быть использован для выпуска соды и пищевой соли.

Пока остается неясным: как образовавшиеся пустоты будут влиять на водный режим рек.

Интенсивное развитие промышленности фосфорных удобрений приводит к накоплению больших количеств гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, в котором связана вся серная кислота, затраченная на разложение фосфоритов (из 1 т фосфорита образуется 1,4—1,6 т гипса). Гипс разносится подпочвенными водами на большие расстояния, загрязняя почву и воду. Поэтому использование гипса как сырья для производства серной кислоты стало острой необходимостью.

В частности, в Казахстане к 2003 г. отходы фосфорной промышленности, металлургии и тепловых электростанций достигли 5 млрд. т и продолжают расти, превращаясь в источник истощения земель, загрязнения вод и воздуха.

Это только один (среди большого числа других) пример экологического несовершенства существующих химических производств, нерационального использования природного сырья.

В почвах постепенно накапливаются соединения таких токсичных элементов, как ртуть, медь, свинец и цинк, продукты многотоннажных производств цветной металлургии.

С дождями на Землю выпадает за год более 100 000 т соединений ртути, что в 15—20 раз больше ее ежегодной добычи, так как значительная часть соединений ртути попадает в атмосферу при сжигании любого органического топлива и при коксовании угля. Ртуть прочно фиксируется почвой, образуя комплексы с гуминовыми кислотами, представляющими собой сложную смесь природных высокомолекулярных ароматических соединений, образующихся при разложении отмерших растений. Из почвы ртуть может переходить в растения, а затем и в пищевые продукты (зерно, хлеб, овощи, фрукты). Предельно допустимая концентрация ртути в пищевых продуктах не должна превышать 0,01 мг/кг.

В результате работы металлургических и химических предприятий на поверхность Земли ежегодно поступает до 155 тыс. т различных соединений меди. Содержание меди в почвах составляет в среднем 15—20 мг/кг. Медь является одним из биокатализаторов, необходимых для жизни растений, но при повышенных ее концентрациях (более 60 мг/кг) она становится весьма токсичным веществом для почвенной микрофлоры, вызывает хлороз растений.

С атмосферными осадками ежегодно выпадает на 1 км поверхности Земли около 72 кг соединений цинка, гораздо больше, чем соединений свинца и меди. Значительные количества цинка поступают в почву с твердыми отходами тепловых электростанций, работающих на буром угле. В 1981 г. в Японии наблюдалось массовое заболевание населения (поражение костно-мышечной системы), потреблявшего в пищу рис, выращенный на полях, орошаемых водой с повышенным содержанием цинка и кадмия.

Продолжается интенсивное накопление свинца в почвах [8]. В результате работы предприятий цветной металлургии на поверхность Земли ежегодно поступает около 89 тыс. т соединений свинца, а с выхлопными газами до 260 тыс. т свинца в виде аэрозоля (PbO , $PbCl_2$, PbF_2 , $PbSO_4$), 20% которого оседает в непосредственной близости от дорог. Общее поступление соединений свинца в почву достигло в ряде мест 150—350 мг/кг, что вызвало заболевание населения и повреждения ландшафта.

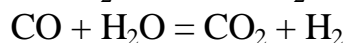
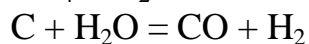
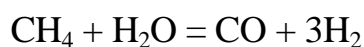
7. Водородная энергетика

Стоимость передачи энергии в химической форме (в виде газа) значительно ниже стоимости передачи электроэнергии. В качестве носителя энергии может быть использован водород. В настоящее время ведутся

исследования будущих энергетических систем, в которых передача и распределение энергии будут осуществляться с помощью водорода. Применение водорода значительно снизит уровень загрязнения атмосферы, так как при его окислении образуется безвредный продукт — вода.

Природные запасы соединений водорода огромны. Водород легко вступает в химические реакции, при его окислении выделяется большое количество теплоты. Поэтому водород может найти широкое применение в промышленности и быту, для синтеза различных соединений, освещения, отопления и охлаждения, приготовлении пищи и для получения электроэнергии с помощью электрохимических генераторов.

Водородная энергетическая система будет иметь установки для получения водорода, подсистемы его передачи и распределения и установки для его использования. Существует большое количество способов получения водорода. Наиболее широко в настоящее время применяются способы пароводяной конверсии и электролиза. В последнее время большое внимание уделяется фотохимическому способу получения водорода. В перспективе при разработке термоядерных реакторов может стать экономически целесообразным получение водорода термохимическим разложением воды. Водород можно получить за счет пароводяной конверсии метана или угля:

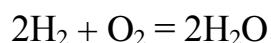


При этом водород, используемый для некоторых целей, необходимо отделить от диоксида углерода и других продуктов конверсии. Одним из методов получения водорода в будущем рассматривается электролиз на атомных электростанциях [11]. Кроме водорода выделяется и кислород, который также может быть использован в промышленности и быту. Кроме электролитического, рассматриваются и фотохимические методы получения водорода. Термохимический метод получения может быть особенно перспективен при разработке термоядерных энергоустановок. Для применения этого метода необходимо решить задачу разделения водорода и кислорода. Большой интерес вызывает фотохимический способ разложения воды с использованием биологических катализаторов.

8. Электрохимическая энергетика

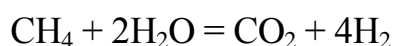
Новое направление в энергетике — электрохимическая энергетика включает в себя генерацию и накопление электрической энергии. Гене-

рация электроэнергии происходит в устройствах, называемых топливными элементами (ТЭ). К настоящему времени разработано пять типов ТЭ: с щелочным электролитом, твердополимерным, фосфорно-кислым, расплавленным карбонатным, твердо-оксидным. Токообразующей реакцией в большинстве топливных элементов служит окисление водорода:



В ТЭ с щелочным электролитом могут быть использованы лишь чистые водород и кислород, поэтому они пока нашли применение только в космосе. В остальных ТЭ на анод может подаваться как чистый, так и технический водород, а также смесь H_2 , CO_2 и H_2O . Для всех ТЭ вредными примесями, отравляющими катализаторы являются соединения серы, в низко- и среднетемпературном ТЭ (до $t = 200^\circ\text{C}$) — также CO . В последние годы разрабатываются ТЭ с прямым окислением метанола, который подается на анод. На катоде ТЭ восстанавливается кислород воздуха.

Для непрерывной работы ТЭ необходимы подача реагентов, отвод продуктов реакции и теплоты и система автоматики. Батарея ТЭ вместе со вспомогательными устройствами составляют электрохимический генератор (ЭХГ), который в свою очередь входит в электрохимическую энергоустановку, включающей блок переработки топлива, инвертор постоянного тока в переменный и устройства использования теплоты либо для теплоснабжения, либо для дополнительной выработки электроэнергии в конечном цикле, состоящем из газовой или паровой турбины или парогазовой системы. В качестве исходного топлива может служить природный газ или уголь. Природный газ подвергается конверсии водяным паром:



Уголь газифицируется либо обработкой водяным паром, либо термическим пиролизом, продукты переработки угля после очистки от вредных примесей в будущем будут поступать в топливные элементы.

В ТЭ окислитель и топливо пространственно разделены, поэтому даже при высоких температурах образуется значительно меньше оксидов азота и монооксида углерода, чем в тепловых машинах. Выброс вредных компонентов их электрохимических энергоустановок на 1,5—2 порядка ниже, чем из тепловых машин. Это главное преимущество электрохимических энергоустановок. Их можно устанавливать непосредственно около потребителя. Важным достоинством электрохимических энергоустановок также является высокий КПД, который в 1,5—2 раза выше КПД тепловых машин. При этом КПД электрохимических

энергоустановок относительно мало зависит от их установленной мощности и нагрузки.

К настоящему времени созданы установки мощностью от 10 кВт до 11 МВт, некоторые из них уже находятся в коммерческой реализации [11].

На первых порах эти установки будут применяться для автономного энергоснабжения отделенных районов, отдельных островов, поселков, отдельных жилых и промышленных зданий, торговых и спортивных центров и т. д. Позднее, по мере их удешевления и увеличения срока службы, они найдут применение и для централизованной генерации электроэнергии. Ожидается, что к 2015 г. они будут генерировать до 10%, а к 2030 г. до 25—30% всей электроэнергии.

9. Твердые отходы. Безотходное производство

Человек в своей жизнедеятельности образует большое число отходов, которые можно подразделить на производственные и бытовые.

Производственные отходы и их переработка. Для обеспечения потребностей одного человека ежегодно извлекается из Земли в среднем 20—30 т минерального сырья в год, из них в конечные продукты переходит не более 1—3%. Соответственно на планете каждый год появляется не менее 100 млрд. т производственных отходов. Это горные породы, отвалы производств цветных и черных металлов, шлаки и огарки домен, тепловых станций, печей, отходы химической и других отраслей промышленности и др. Так как население Земли и его потребности возрастают, а руды становятся беднее полезными компонентами, то объем производственных отходов непрерывно увеличивается. Прогнозируется, что годовой объем горных пород к 2010 г. возрастет до 650 млрд. т. Эти отходы занимают площади плодородной земли, попадают в виде пыли в атмосферу и, растворяясь, поступают в гидросферу. Так как твердые отходы содержат большое количество вредных веществ, то они экологически опасны. Поэтому имеется настоятельная потребность в переработке производственных отходов. Отходы многих производств содержат ценные компоненты. Более правильно считать их сырьем для соответствующих производств. В отвалах производств черных металлов имеются титан, никель, кобальт, медь, золото, платина и другие металлы. Зола углей и горючих сланцев содержат германий, молибден, ванадий, рений, серебро, золото и другие элементы. Например, содержание германия в сжигаемых углях на порядок больше его мирового потребления. Поэтому при переработке этих отходов можно получить большое количество ценных компонентов. Отходы многих производств могут

быть использованы как сырье для получения строительных материалов. К таким производствам относится металлургия (шлаки), теплоэнергетика (золошлаковые отходы), химическая (фосфатные, пиритные огарки), горнодобывающая и другие отрасли промышленности.

Однако более радикальным путем решения проблемы является создание безотходных производств.

Бытовые отходы и их переработка. Развитые страны производят более 13 млрд. т бытовых отходов в год. Количество бытовых отходов на человека в развитых странах мира колеблется в пределах 200—500 кг/год. В Москве на каждого жителя приходится бытовых отходов около 300 кг/год. Масса бытовых отходов возрастает примерно на 5% в год. Бытовые отходы содержат много компонентов, основными составляющими являются бумага (30—40%), пищевые отбросы (около 30%), металлы (4—9%) и полимеры (2—3%). В настоящее время разработано несколько технологий переработки бытовых отходов. По одной из наиболее прогрессивной с помощью специальных механизмов производится отбор металлов, полимеров, стекла, макулатуры, пищевых отходов, горючих компонентов. Это позволяет получать ценные металлы и полимерную пленку, корм для скота, а также тепло при сжигании мусора.

Безотходная технология и производство. Под безотходной технологией понимается такая производственная система, в которой цикл сырье — производство — потребление организован с рациональным использованием всех компонентов сырья и видов энергии и без нарушения экологического равновесия. Безотходная технология может осуществляться в рамках цеха, завода, объединения, отрасли, региона. Полностью безотходное производство возможно лишь теоретически, так как определенные потери сырья и энергии неизбежны. Безотходная технология является целью и средством достижения. Реально осуществимы малоотходные производства.

Основными принципами безотходной технологии являются: комплексная переработка сырья и ресурсосбережение, комплексное использование энергетических ресурсов и энергосбережение, замкнутые водооборотные и газооборотные системы, новые высокопроизводительные, экологически чистые и малоотходные процессы и аппараты, переработка отходов, рациональное кооперирование в рамках территориальных производственных комплексов. Некоторые принципы были рассмотрены ранее.

Весьма сложной является проблема комплексной переработки сырья в связи с его огромным объемом и многокомпонентностью состава, в большинстве отраслей, особенно в цветной металлургии. Тем не менее

имеются некоторые достижения в этой области. Например, Хибинское месторождение содержит апатит — $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (30% и более), нефелин — алюминат натрия и калия (30% и более) и другие минералы. Долгое время использовался только апатит для производства фосфорных удобрений, все остальное шло в отвалы, резко ухудшая экологическую обстановку в регионе. Новая технология позволяет использовать не только апатит, но и нефелин и другие минералы с получением новых продуктов и с переработкой отходов. Комплексное использование сырья позволило организовать производство кадмия, индия, рения, висмута, селена, теллура и других элементов.

Комплексное использование энергетических ресурсов и энергосбережение предполагает такие электротехнологические процессы, в которых обеспечивается максимальный выход продуктов на единицу израсходованной энергии, утилизацию вторичных энергоресурсов, в конечном счете высокий энергетический КПД с экологической чистотой процесса.

Коренное улучшение экологической ситуации достигается при создании и освоении принципиально новых процессов, например, прямого восстановления железа и железорудных концентратов с помощью водорода и других восстановителей, бактериологического извлечения металлов из руд, получения энергии в топливных элементах, применение каталитических, мембранных, электрохимических и других процессов.

Очень важной особенностью безотходного производства является создание территориально-производственных комплексов, объединяющих различные предприятия, причем отходы одних предприятий служат сырьем для других предприятий, где обеспечивается рациональное использование энергии. Например, вырабатываемый в часы провала нагрузки (ночные часы) водород может поступать на производство аммиака.

Следует, однако, учесть, что решение экологических проблем находится на базе компромисса между затратами и качеством жизни. Например, полное устранение пестицидов приведет к улучшению экологической обстановки, но при современном состоянии сельского хозяйства — к угрозе голода. Можно ликвидировать тепловые станции, но это приведет к энергетическому кризису [11].

Итак, ежегодно появляется огромное количество твердых отходов, многие из которых экологически опасны. Кардинальным путем решения проблемы является создание безотходных производств, в которых отходы одних технологий служат сырьем для других технологий. Соз-

дание экономически приемлемых безотходных и малоотходных производств находится еще в начале пути.

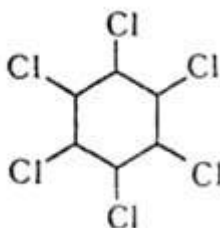
10. Химические соединения, наиболее опасные для биосферы

10.1 Хлорорганические соединения

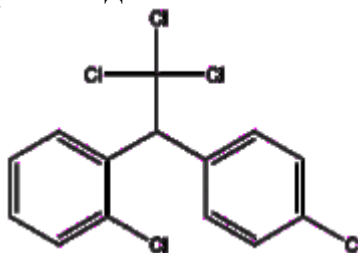
Человечество явно недооценивало опасность производства хлорорганической продукции. Последняя выпускалась в значительных количествах прежде всего в виде средств защиты растений. Кроме того, многие хлорорганические соединения (ХОС) получают в виде побочных веществ в различных производствах, использующих хлор и его производные (например, при отбеливании бумажной пульпы хлором на целлюлозно-бумажных комбинатах).

С химической точки зрения органические соединения хлора, загрязняющие биосферу и представляющие наибольшую опасность, можно разделить на несколько групп [2].

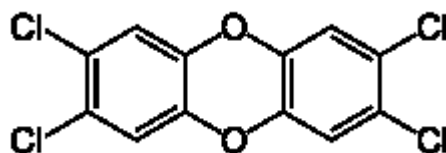
- 1. Хлорпроизводные циклоалканов и циклоалкадиенов, например гексахлорциклогексан (гексахлоран):**



- 2. ДДТ и его производные:**



1,1,1-Трихлор-2,2-бис(п-хлорфенил)этан (ДДТ)

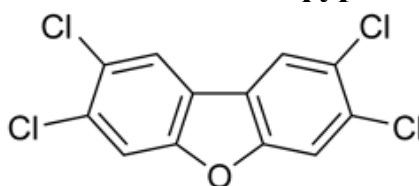


ДИОКСИН

3. Хлорпроизводные диоксина:

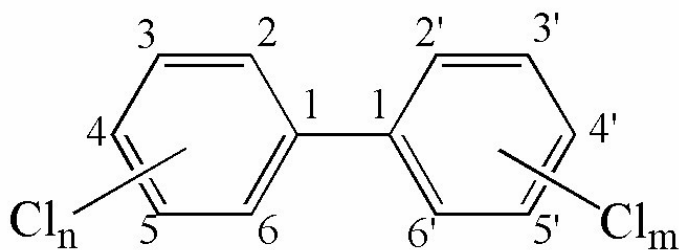
(У производных 5—8 атомов хлора в качестве заместителей в любых положениях, указанных цифрами.)

4. Хлорпроизводные дибензофурана:



(У производных 5—8 атомов хлора в качестве заместителей в любых положениях).

5. Хлорбифенилы:



$n, m = 0-5$

Последние три группы объединяют нередко под одним названием— *полихлорполициклические соединения* (ПХПС).

Почти все ХОС чрезвычайно опасны для теплокровных, в силу того что они:

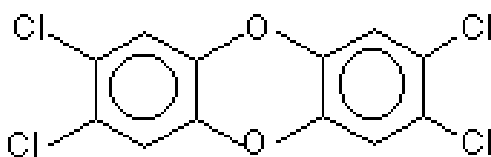
- высокотоксичны;
- обладают большой биологической активностью полифункционального характера;

- необычайно устойчивы в окружающей среде и живых организмах;
- способны к накоплению в пищевых цепях;
- характеризуются большим временем удержания;
- образуют стабильные и токсичные продукты распада или трансформации.

Так, например, наиболее широко распространенный в недавнем прошлом инсектицид ДДТ обнаружен сейчас на всех уровнях биосферы (даже в жировых тканях пингвинов в Антарктике!). Его период полураспада несколько лет. ЛД₅₀ этого инсектицида для мышей 200 мг/кг массы, ПДК его в воде 0,1 мг/л. Производство и применение ДДТ в нашей стране запрещено с 1972 г., однако последствия его вредоносного действия будут еще очень долго проявляться [4].

Полихлорполициклические соединения еще более опасны, так как, даже находясь в организме в ничтожных концентрациях, подавляют иммунную систему и адаптационные возможности, а в более высоких концентрациях канцерогенны. Они нарушают передачу нервных импульсов и некоторые генетические механизмы. Признано, что ПХПС на сегодняшний день — сильнейшие ксенобиотики, действие которых на биосферу полифункционально и еще далеко не полностью изучено.

Ярко выраженным токсическим эффектом обладает 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-л-диоксин (ТХДД). Он примерно в 67 000 раз токсичнее цианида калия KCN и в 500 раз — ядовитого алкалоида стрихнина.

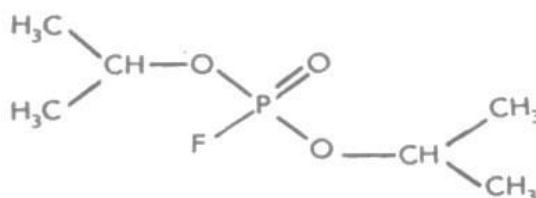


2,3,7,8-тетрахлордibenзо-л-диоксин (ТХДД)

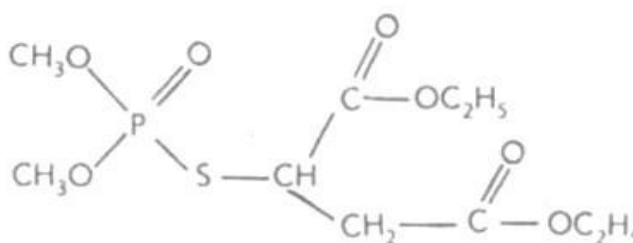
Описаны случаи резкого сокращения популяций морских птиц (например, бурых пеликанов в Калифорнии) из-за поражения полихлорбифенилами самок, откладывающих яйца со слишком тонкой скорлупой, чтобы выдержать массу насиживающей птицы.

В присутствии многих хлорорганических соединений (и прежде всего ПХПС) усиливается токсичное действие на организм других веществ (аддитивность и синергизм), например нейротоксинов, проканцерогенов и микотоксинов.

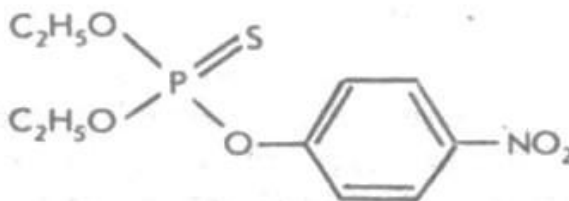
10.2 Фосфорорганические соединения



Диизопропилфторфосфат (ДФФ), ЛД₅₀=0,5 мкг/кг



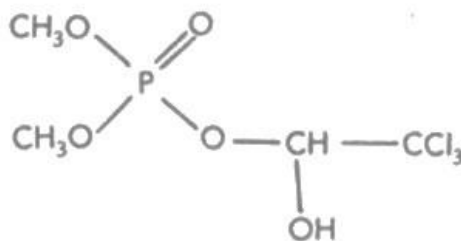
0,0-диметил-S1,2-дикарбэтоксиптиофосфат, или карбофос, или малатион,
ПДК=0,05 мг/л



0,0-диэтил-0-(4-нитрофенил)тиофосфат, или тиофос, или паратион, ЛД₅₀=3,6 мг/кг

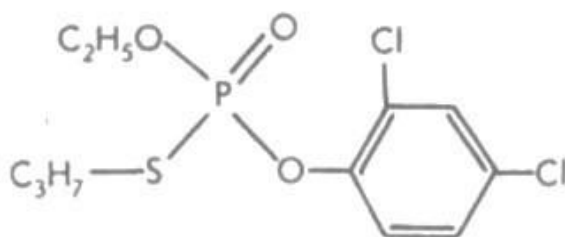
Фосфорорганические соединения, так же как и хлорорганические, человек уже давно использует как пестициды. Причем было выяснено, что первые менее устойчивы и время пребывания их в биосфере гораздо меньше, чем у хлорорганических пестицидов. Например, карбофос из организма рыб выводится в течение одного дня. Однако в противовес этому, казалось бы, экологическому «плюсу» есть и «минус» — фосфорорганические соединения (ФОС) чаще всего более токсичны. Например, тетраэтилпирофосфат настолько ядовит, что лишь одна его капля (даже в случае кожного контакта) представляет смертельную дозу. Наи-

более изученными и используемыми из фосфорорганических соединений являются следующие представители:

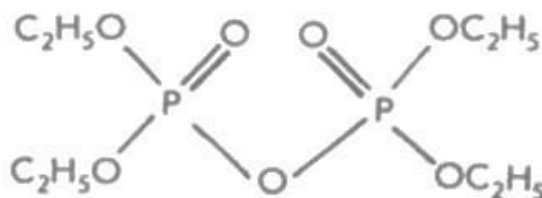


0,0- диметил-(2,2,2-трихлор-1-оксиэтил)фосфонат, или хлорофос, или трихлорфон,

ПДК=0,0005 мг/л



0-этил-S-пропил-0-(2,4-дихлорфенил)тиофосфат, или этафос, ЛД₅₀=200 мг/кг



тетраэтилпирофосфат (ТЭПФ)

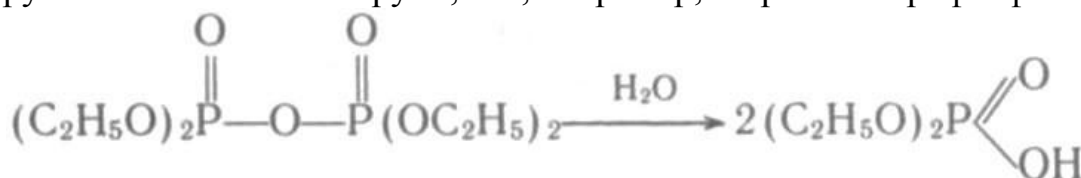
Как видите, для многих ФОС, кроме научных названий, существуют и тривиальные. Эти вещества использовались (а некоторые используются и до сих пор) как биоцидные агенты в быту и сельском хозяйстве.

Механизм токсичного действия большинства фосфорорганических соединений основан на способности их ингибировать фермент *ацетилхолинэстеразу* АСhЕ. Этот фермент разрушает ацетилхолин (один из главных нейромедиаторов человека) после передачи нервного импульса от одного нервного волокна к другому в синапсах. Когда АСhЕ ингиби-

рована, ацетилхолин накапливается в синаптической щели, что приводит к нарушению функции нервной передачи, а значит, и к смерти (после судорог и паралича). Именно этот механизм был положен в основу действия многих военных химических отравляющих живой организм веществ (например, зарин, зоман, V-газы).

Следует подчеркнуть, что хлор- и фосфорорганические пестициды можно встретить повсюду, т. е. существует множество способов переноса их из одной системы в другую. Так, из почвы в атмосферу они попадают при испарении, из атмосферы в воду — вместе с осадками и путем гравитационного осаждения и т. д. Особенно много пестицидов попадает в воду при смыве с полей [14].

В воде ФОС ведут себя по-разному. Так, диизопропилфторфосфат ограниченно растворим в воде, этафос практически нерастворим, однако большинство фосфорорганических пестицидов быстро гидролизуются с разрушением токсичных групп, как, например, тетраэтилпирофосфат:

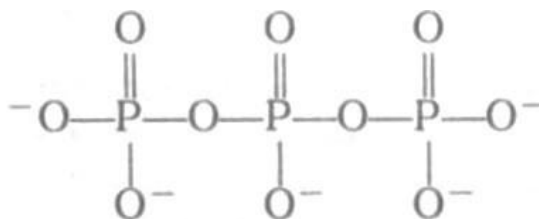


Несмотря на то что карбофос, например, плохо растворим в воде (~145 мг/л), он наиболее опасен именно для рыб. Для последних его летальная концентрация равна 0,1 мг/л, тогда как для мышей значительно выше (ЛД₅₀ = 400 мг/кг).

10.3 Поверхностно-активные вещества

В последнее время вызывающими тревогу загрязнителями воды стали синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ), особенно те, которые входят в состав моющих средств бытовой химии. Последние содержат компоненты, способные связывать при стирке, например, сажу, пыль, пищевые отходы, продукты выделения человеческого тела и пр.

Наиболее распространенным связывающим агентом в стиральных порошках и моющих средствах является смесь полифосфатов с триполифосфатом натрия Na₅P₃O₁₀. Активным началом здесь выступает ион P₃O₁₀⁵⁻:

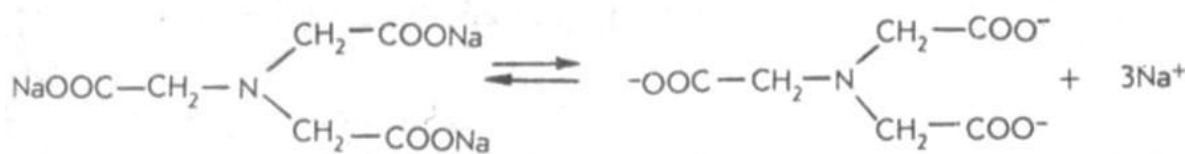


Полифосфаты и триполифосфаты оказывают влияние на процессы очистки воды от органических загрязнителей. Сами они гидролизуются до нетоксичных монофосфатов:

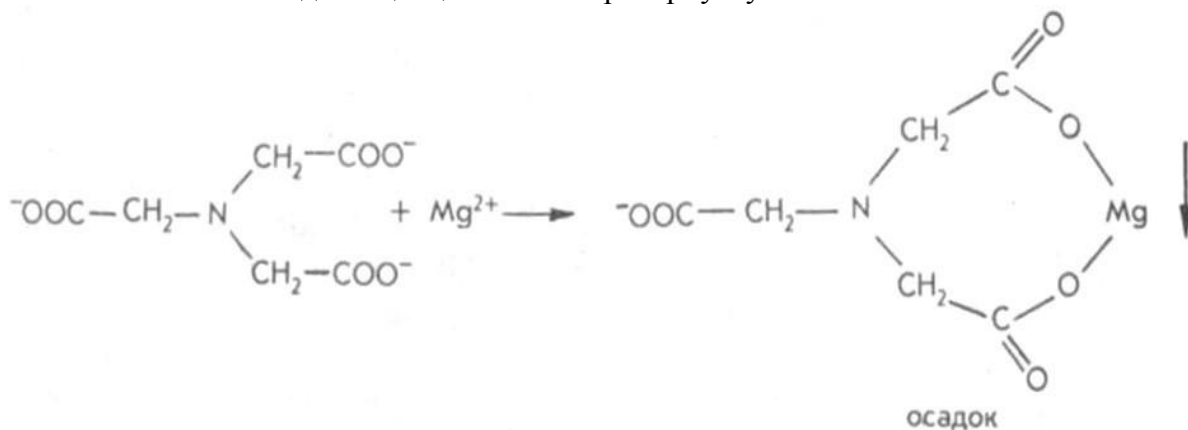


Однако именно последние, не представляя непосредственной угрозы для человека и водных животных, считаются опасными для водных экосистем.

В качестве конкурирующего с полифосфатами детергента, который не содержит фосфора, была предложена в 70-х гг. натриевая соль нитрилтриуксусной кислоты. Схема механизма связывания ионов металлов с помощью этого соединения приведена ниже.



диссоциация соли нитрилтриуксусной кислоты



10.4 Синтетические полимеры

Полимерные материалы попадают в воду прежде всего в виде мусорной упаковочной тары (банки, коробки, пакеты и т. п.). Большинство таких изделий не поддается биохимическому разложению, т. е. разрушению редуцентами, и потому они загрязняют экосистемы сколь угодно

долго [3]. Однако пластмассы (которые получают из полимеров) по химическому составу содержат в основном биогенные элементы, и потому есть надежда, что рано или поздно микроорганизмы-редуценты адаптируются к ним и станут их разрушать. Отметим, что человек уже сам стремится помочь бактериям и создает полимеры, способные разрушаться микробиологическим путем. В США на некоторых полимерных упаковках стоит клеймо «Поддается биохимическому разложению». Для стойких же к воздействию микроорганизмов полимеров необходимо разрабатывать технологию переработки, но никак не сжигать! Дело в том, что сами продукты их сгорания — загрязнители окружающей среды и среди них могут быть очень опасные ксенобиотики. Так, например, при сжигании изделий из поливинилхлорида образуются диоксины.

Полимерные материалы обуславливают длительную по времени (вследствие своей химической инертности) «механическую замусоренность» акваторий портов и побережий, водоемов курортных зон и даже открытых морей, куда их уносят течения. Описаны случаи гибели тюленей вследствие удушения полиэтиленовыми пакетами, плававшими в воде, которые животные принимали, по-видимому, за медузу — свой любимый корм.

11. Томская область

Томская область расположена на Западно-Сибирской равнине в среднем течении реки Оби и занимает территорию 316,9 тыс. км².

Население области составляет 1,04 млн человек, из которых в городах проживает 67 %; средняя плотность населения — 3,3 чел. на км²; средний возраст — 37 лет. В составе области 6 городов, 1 поселок городского типа, около 600 сельских населенных пунктов.

Промышленное производство сконцентрировано преимущественно в двух городах — Томске и Северске (Сибирский химический комбинат (СХК), Томский нефтехимический комбинат (ТНХК), предприятия оборонной промышленности и др.) Нефтегазодобывающий комплекс развит в северных районах области [20].

Область традиционно сохраняет за собой статус ресурсодобывающей. Эксплуатация природных ресурсов осуществляется тремя основными хозяйственными комплексами: нефтегазодобывающим, лесозаготовительным и агропромышленным. На территории Томской области расположен крупнейший в мире ядерно-технологический комплекс — СХК.

В недрах области сосредоточены богатейшие ресурсы. Прежде всего, это углеводородное сырье. На сегодняшний момент разведано запасов: 1,5 млрд. т нефти, 757 млрд. т газа. Область характеризуется широким спектром других видов полезных ископаемых: титан, цирконий, бокситы, золото, керамзитовое сырье, торф, железо и др. Цирконильменитовое месторождение является одним из крупнейших в мире — запасы исчисляются сотнями миллионов тонн. Запасы железных руд составляют десятки миллиардов тонн. Общие запасы торфа — 32 млрд. т. Особая экологическая ценность торфяных болот заключается в том, что они действуют как фактор, понижающий парниковый эффект на планете.

Уникальность и красота природы Томской области берегается через сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Сеть ООПТ формировалась в течение более чем 40 лет, и в настоящее время включает 170 ООПТ различных категорий.

11.1 Климатические условия

Климат Томской области континентальный, определяется ее географическим положением (расположена в умеренных широтах — 55—61° с. ш.) и отличается значительной сезонной изменчивостью притока солнечной радиации и преобладанием северо-восточного переноса воздушных масс. Среднегодовая температура воздуха отрицательная: от –0,5 °С в г. Томске до –3,5 °С на северо-востоке области.

В области хорошо выражены все четыре сезона года (зима, весна, лето, осень). Средняя температура января изменяется от –21,5...–23 °С на севере до 19,2...–20,5 °С на юге. Абсолютный минимум температур варьирует по территории в пределах от –52 до –58 °С (с. Первомайское), но чаще составляет –54... –56 °С (в г. Томске –55 °С). Средние температуры июля находятся в пределах +16,8...+17,0 °С на севере области и +18... +20 °С на юго-востоке. Абсолютный максимум температур воздуха повсеместно составляет +36...+38 °С. Средние годовые скорости ветра по области — 3—4 м/с, преобладают юго-западные и южные ветры. В долинах крупных рек (Обь, Томь) повторяемость скоростей ветра 4—7 м/с составляет 28 %, что создает наиболее суровые зимние условия.

Годовое количество осадков — 450—590 мм, из них 66—78 % выпадает в жидком виде, а остальные — в твердом. Средняя высота снежного покрова — 60—80 см, снег держится на севере 183—201, на юге — 178—180 дней. Повсеместно развита сезонная мерзлота. Глубина промерзания грунтов из-

меняется от 0,5—0,6 м на торфяниках до 3,5 м на песках; в среднем 1—2 м.

Климат можно отнести к основополагающим факторам изменения природной среды. Так, практически все выбросы в атмосферу от котельных напрямую связаны с суровыми климатическими условиями Западной Сибири. Процессы самоочищения поверхностных водоемов в условиях отрицательных среднегодовых температур протекают значительно медленнее, чем в более южных широтах.

11.2 Состояние минерально-сырьевой базы Томской области

Территория Томской области является юго-восточной частью крупнейшей в мире Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, начальные геологические ресурсы которой оцениваются в 5,4 млрд. т условных углеводородов. (1 т нефти приравнивается к 1 тыс. м³ газа и составляет 1 т условных углеводородов). Минерально-сырьевые ресурсы Томской области являются базой для развития таких отраслей экономики, как нефтегазовая, нефтехимическая и газохимическая промышленность, геологоразведочное производство, строительная индустрия, энергетика, сельское хозяйство.

Углеводородное сырье. В области открыто 113 месторождений углеводородов, в том числе 88 – нефтяных, 15 –нефтегазоконденсатных и 10 – газоконденсатных. Добыча углеводородного сырья в 2007 г. По сравнению с 2006 годом в целом по Томской области осталась на прежнем уровне (таблица 4).

В 2007 году необходимо отметить повышение эффективности геолого-поисковых работ за счет собственных средств недропользователей. Открыто 9 месторождений нефти и одна новая залежь на уже открытом месторождении. Воспроизводство минерально-сырьевой базы углеводородного сырья Томской области за счет деятельности недропользователей в 2007 году составило 377 % от добытого сырья.

Следует отметить, что в отчетном году недропользователями в геологоразведочные работы было вложено практически в 2 раза больше средств, чем в предыдущем 2006 году, соответственно почти в 2 раза увеличилось вложение средств в глубокое бурение. В 2007 году объемы бурения достигли величин, соизмеримых с объемами поисково-разведочного бурения доперестроечного периода.

Таблица 4

**Минерально-сырьевая база углеводородного сырья
Томской области**
по состоянию на 1 января 2008 г.,
с учётом количественной оценки ресурсов ИГНГ СО РАН.
Начальные суммарные ресурсы приведены
по состоянию на 01.01.2002 г.
(УВВ, нефть, конденсат – млн. т, газ – млрд. м³)

Углеводородное сырье	Начальные суммарные ресурсы	Накопленная добыча
Всего УВВ	2951,629	329,044
Нефть	1803,40	268,233
Растворенный газ	124,796	22,621
Свободный газ	974,297	34,553
Конденсат	49,136	3,637

Объемы бурения составили 119,8 тыс. пог. м (1988 г. –170 тыс. пог. м.). Немаловажной причиной повышения эффективности геологоразведочных работ (а, возможно, и основной) явилось значительное вложение средств в научно-исследовательские работы в 2006 году, что позволило в следующем 2007 году оптимизировать места заложения глубоких скважин. Эффективность ГРП составила 401,6 т/м или 119,5 руб/т.

Твёрдые полезные ископаемые.

Месторождения твердых полезных ископаемых расположены, преимущественно, в промышленной зоне юга Томской области.

Разведанные запасы рудных, нерудных полезных ископаемых и строительных материалов утверждены по категориям А+В+С₁ и поставлены на государственный баланс. По состоянию на 01.01.2008 г. Представлены в таблице 5.

Подземные воды. За 2007 год запасы увеличились по 9 месторождениям (участкам) на 19,959 тыс. м³/сут по сумме всех категорий, в том числе по категориям А+В+С₁ 13,959 тыс. м³/сут.

Воспроизводство ресурсов и запасов подземных вод осуществляется на распределённом фонде недр за счет средств недропользователей, в основном на лицензионных участках для хозяйственно-питьевого водоснабжения вахтовых поселков нефтяных промыслов и баз административно-производственных подразделений по транспортировке неф-

ти; и технологического обеспечения водой объектов разработки месторождений углеводородного сырья (Рис. 2).

Таблица 5

Основные показатели по месторождениям минерального сырья

Полезные ископаемые	Балансовые запасы А+В+С ₁ на 01.01.2008 тыс. тонн	Добыча тыс. тонн (тыс. м ³) 2007г.
Тугоплавкие глины	25510	137
Минеральные краски	22	
Каолин	65747	7
Мел пресноводный	1066	
Стекольные пески	234556	29
Пески Формовочные	1671	
Комплексные титан-цирконовые россыпи (тыс. м ³)	166271 (тыс.м ³)	21,8
Песчано – гравийная смесь (тыс. м ³)	413365 (тыс.м ³)	1334
Песок (тыс. м ³)	93357 (тыс.м ³)	755
Камень строительный (тыс. м ³)	46532 (тыс.м ³)	-
Известняк (тыс. т)	79552	89
Глина (тыс. м ³)	57010 (тыс.м ³)	443
Керамзит (тыс. м ³)	14640 (тыс.м ³)	-
Торф (т)		25
Сапропель (т)		1021
Грунты строительные	-	6243,2

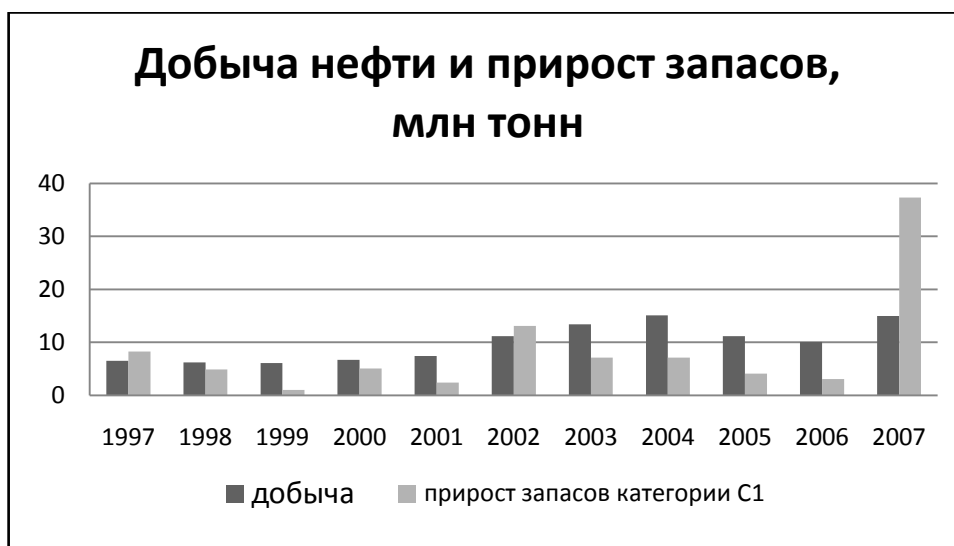
Общий водоотбор подземных вод за 2007 год по всем видам использования составил 134,04 млн. м³.

Состояние и использование минерально-сырьевой базы строительных материалов. Месторождения твердых общераспространенных полезных ископаемых расположены преимущественно в промышленной зоне юга Томской области.

В последние годы наблюдается увеличение объемы добычи твердых общераспространенных полезных ископаемых (Рис. 17), особенно

строительных грунтов из-за увеличения объемов геологоразведочных работ в нефтегазовом комплексе (строительство новых скважин и обустройство месторождений углеводородного сырья).

Следует отметить, что, не смотря на рост добычи, ощущается дефицит гравия и щебня в г. Томске, где наблюдается увеличение объемов строительства жилья и дорог.



Динамика показателей добычи

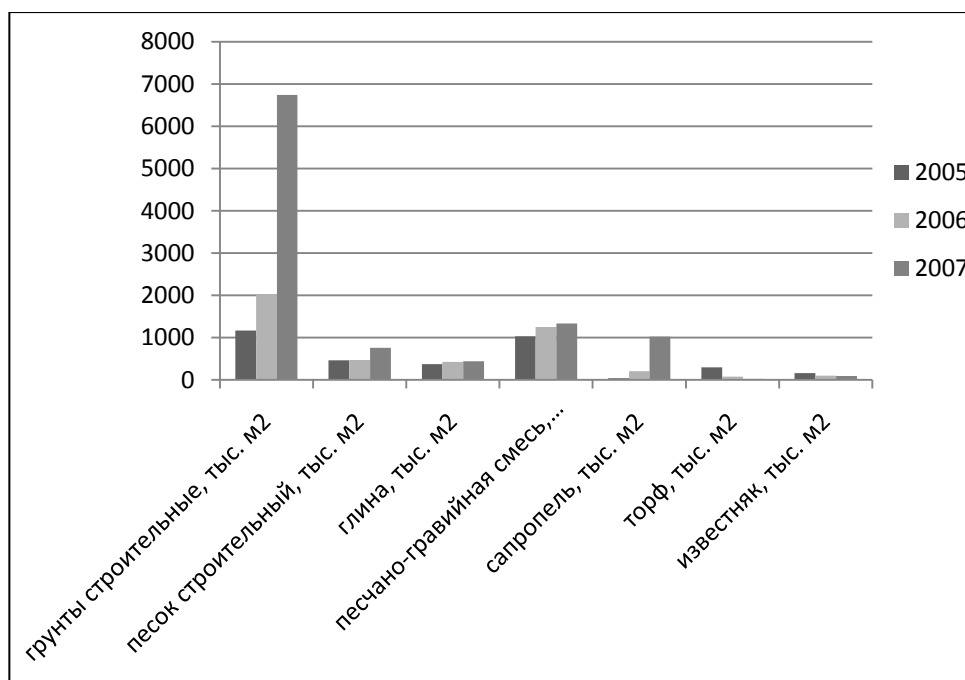


Рисунок 17. Увеличение объемов добычи твердых общераспространенных полезных ископаемых

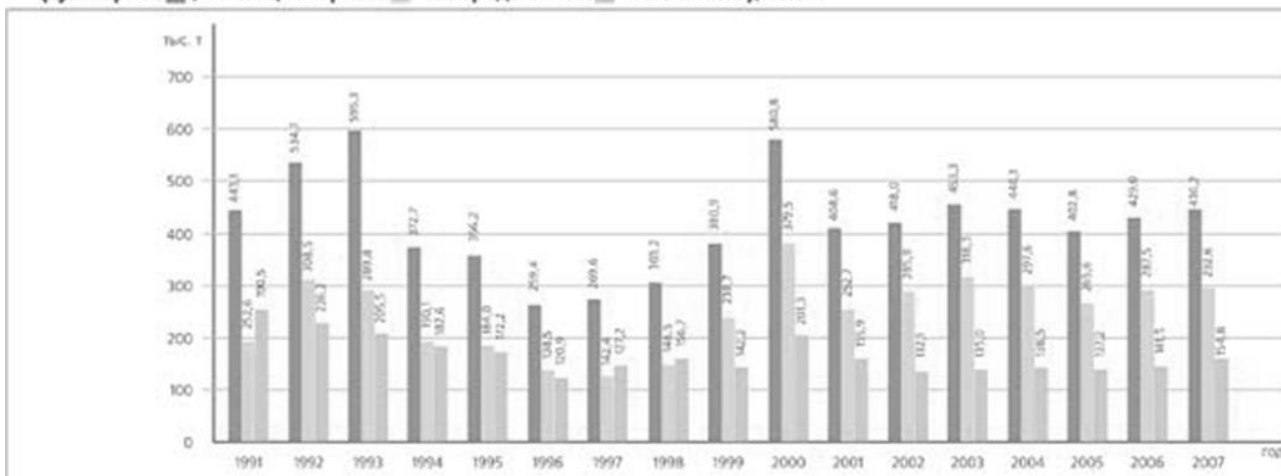
11.3 Негативное воздействие на состояние атмосферного воздуха и мониторинг состояния атмосферного воздуха в томской области

Сибирский Федеральный округ занимает 3 место в Российской Федерации по численности населения, по удельным объемам выбросов на душу населения, по доле уловленных выбросов от стационарных источников. В разрезе Сибирского Федерального округа Томская область занимает 4 место по выбросам от стационарных источников и 3 место по удельному объему выбросов на душу населения, 5 место по проценту населения, проживающих в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения. Опережают Томскую область по количеству населения, проживающего в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения, Новосибирская, Омская, Иркутская области и Алтайский край.

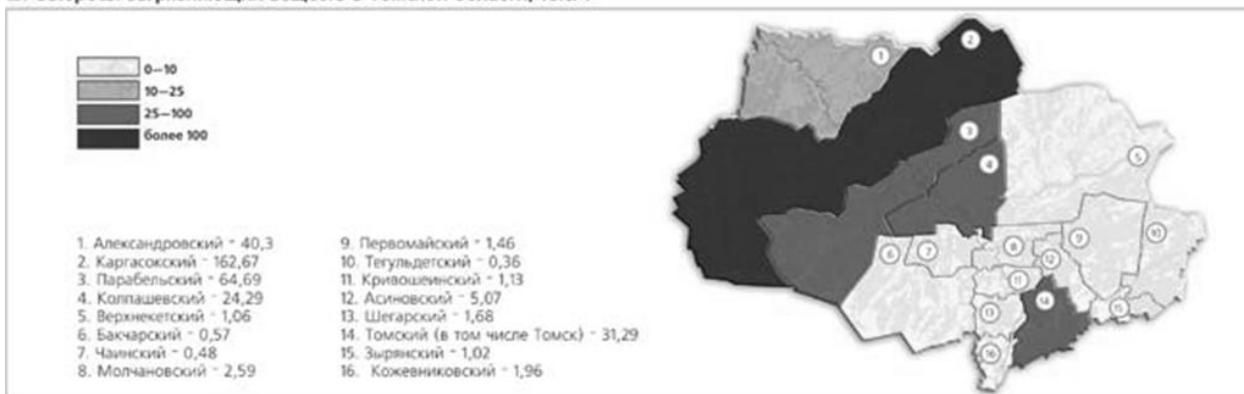
За 2007 год в атмосферный воздух Томской области по данным статистической отчетности поступили выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения атмосферы 1245 предприятий (Рис. 18). В целом по области суммарный объем выбросов от стационарных источников составил 325 тыс. т, в том числе (тыс. т): твердых веществ – 28,931, сернистого ангидрида – 2,772, окислов азота – 12,111, углеводородов – 66,22, окиси углерода – 175,456. Общее количество источников, отнесенных к категории «организованных» более 80 тыс. единиц, оснащены газоочистным оборудованием лишь 554 единиц. Анализ данных статистической отчетности показал, что выбросы окиси углерода и углеводорода являются основными и составляют 241,8 тыс. т или 74,4 % от суммарного выброса зарегистрированных выбросов [20].

Основная масса выбросов стационарными источниками на территории области приходится на районы: Каргасокский – 162,7 тыс. т (50 %), Парабельский – 64,6 тыс. т (20 %), Александровский – 40,3 тыс. т (12,4) и г. Томск – 24,389 тыс. т (7,5 %). По сравнению с предыдущим годом, в 2007 году наблюдалось увеличение объема эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух на 11,5 %, увеличение загрязнения атмосферного воздуха от стационарных источников составило 37,4 тыс. т, что обусловлено, увеличением добычи нефти, в связи с чем повысился уровень сжигания попутного газа, объемы перекачки через резервуарные парки. Основное увеличение выбросов от стационарных источников отмечено в Каргасокском районе (на 36,3 тыс. т или 22 %), Александровском районе (18 тыс. т или 44 %) за счет увеличения объема добычи нефти.

1. Динамика выбросов от стационарных источников, тыс. т (суммарное, от стационарных и передвижных источников), тыс. т



2. Выбросы загрязняющих веществ в Томской области, тыс. т



3. Доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по отраслям производства, %



4. Доли прошедшего технический осмотр и признанного исправным автотранспорта по видам собственности, %

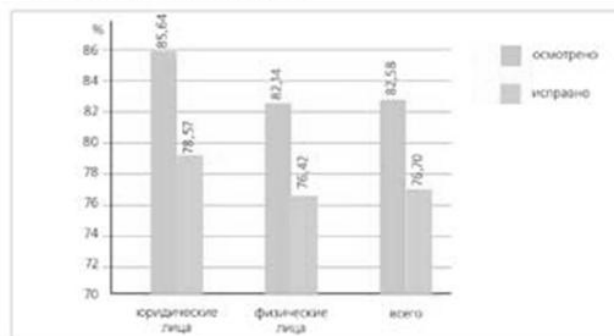


Рисунок 18. Загрязнение атмосферы Томской области

Увеличение выбросов по отрасли в 2007 году наблюдалось в Александровском (Чкаловское, Советское месторождения), Каргасокском районе, (Западно-Катальгинское), Игольско-Таловое, Первомайское, Катальгинское месторождения), Парабельском (Лугинецком газоконденсатном месторождении). Основной вред атмосфере нанесли выбросы предприятия нефтегазодобывающего комплекса (261,0 тыс. т, или 80,3

% вклада), производство тепла, электроэнергии (12,626 тыс. т, или 3,88 % вклада), химического и нефтехимического производства (7,1 тыс. т, или 2,2 % вклада), а также прочие отрасли 39 тыс. т, или 12 % вклада).

В отрасль производство тепла, электроэнергии входит: 142 предприятие, выбросы вредных веществ от деятельности которых составили 12,626 тыс. т.

Выбросы загрязняющих веществ приходятся на предприятия: ОАО ТГК № 11 филиалы ГРЭС-3, ТЭЦ-3. В целом по отрасли в 2007 году отмечено уменьшение выбросов более чем на 6,863 тыс. т, за счет уменьшения количества сжигаемого топлива, за счет проводимой реструктуризации предприятий ЖКХ.

Предприятия химической промышленности сосредоточены в г. Томске, выбросы от них в атмосферу в 2007 году составили 7,11 тыс. т. Основной вклад внесли два предприятия: ОАО «Томский нефтехимический завод» – 5,36 тыс. т, ООО «Сибирская метанольная химическая компания» – 3,150 тыс. т. По сравнению с 2006 годом выбросы по отрасли уменьшились за счет снижения объемов производства.

В сельскохозяйственной отрасли отчетность по выбросам вредных веществ в атмосферу в 2007 году представило 71 предприятие. В целом по отрасли наблюдалось снижение выбросов на 0,248 тыс. т за счет уменьшения объемов производства и сокращения поголовья скота.

11.4 Качество атмосферного воздуха

Для комплексной оценки степени загрязнения воздуха в системе мониторинга Росгидромета используется показатель – индекс загрязнения атмосферы (далее-ИЗА). ИЗА характеризует уровень длительного загрязнения атмосферы и рассчитывается по пяти приоритетным загрязняющим веществам. В соответствии с существующей градацией уровень загрязнения считается низким, если ИЗА < 5, повышенным – при ИЗА от 5 до 6, высоким – при ИЗА от 7 до 13, очень высоким – при ИЗА \geq 14.

Регулярный контроль качества атмосферного воздуха осуществляет ГУ Томский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (в г. Томске на 6 стационарных постах) и ОГУ «Облкомприрода» (в г. Колпашево и г. Стрежевой на стационарных постах) и в Томске с использованием передвижной лаборатории [20].

В ходе наблюдений Росгидромет оценивает содержание в воздухе 13 ингредиентов: пыли, сернистого ангидрида, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, сероводорода, фенола, сажи, хлористого водорода, аммиака, формальдегида, метилового спирта и бенз(а)пирена. Наблюдае-

ния ведутся в 07, 13 и 19 часов местного времени. Посты Росгидромета расположены по следующим адресам: № 2 – пл. Ленина, 18, № 5 – ул. Герцена, 68 а, № 11 – п. Баранчуковский, № 12 – пос. Светлый, № 13 – ул. Вершинина, 17 в, № 14 – ул. Лазо, 5/1.

Основной вклад в загрязнение города вносят: бенз(а)пи-рен, формальдегид, хлорид водорода, взвешенные вещества, диоксид азота. Рост концентраций хлорида водорода начался с 2005 года, в 2006 г. произошло значительное увеличение концентраций формальдегида и бенз(а)пирена). Параллельно отмечалось снижение среднегодовых концентраций диоксида азота и взвешенных веществ.

Бенз(а)пирен – один из самых опасных канцерогенных углеводородов. Он поступает в атмосферу в основном с продуктами сгорания топлива. Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена с 2005 года увеличились с 2 ПДК до 2,7 ПДК. Наибольшее значение загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном было зафиксировано в центральной части города и составило 2,9 ПДК.

Формальдегид, в основном является вторичной примесью, образованной в процессе реакции углеводородов в атмосфере.

Среднегодовые концентрации формальдегида с 2005 года увеличились с 3,6 ПДК до 5,2 ПДК в 2007 году.

Среднемесячные концентрации формальдегида повышались весной и достигали максимальных концентраций в теплый период, когда отмечалась сухая, жаркая погода. В зимний период концентрации снижались, достигая минимума в самые холодные месяцы года. Наиболее часто превышения допустимых норм по данной примеси фиксируются в Ленинском районе города.

Анализ влияния выбросов от маршрутного транспорта на экологическую обстановку г. Томска. Подтверждением роли автотранспорта в загрязнение атмосферы города формальдегидом сыграла забастовка представителей маршрутного бизнеса. В период забастовки (с 21.05.2007 по 23.05.2007) уровень загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом снизился практически в три раза.

Хлорид водорода. Среднегодовая концентрация хлорида водорода составила 0,8 ПДК. Наибольшая максимально-разовая концентрация была зафиксирована в сентябре в Кировском районе города и составила – 8,75 ПДК .

Превышения допустимых норм по хлориду водорода постоянно фиксируются в Кировском и Советском районах города.

Взвешенные вещества. Средние за год концентрации по данной примеси снизились с 1,05 ПДК в 2006 году до 0,65 ПДК

в 2007 году. Наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами прослеживался в Советском районе в мае, его максимальное значение составило 4,6 ПДК.

Диоксид азота. Среднегодовые концентрации диоксида азота уменьшились в 1,5 раза – с 1,55 ПДК в 2005 году до 1 ПДК в 2007 г. Самым загрязненным по диоксиду азота является Советский район где наибольшая средняя концентрация составила 4,4 ПДК.

Оксид углерода. Среднегодовая концентрация оксида углерода составляла менее 0,3 ПДК. Максимальная концентрации была зафиксирована в п. Светлый и составила 4,8 ПДК.

Концентрации остальных загрязняющих веществ (сернистого ангидрида, оксида азота, сероводорода, фенола, сажи, аммиака, метилового спирта) в атмосферном воздухе города не превысили санитарных норм.

Таким образом оценка динамики загрязнения атмосферного воздуха г. Томска по результатам наблюдений на стационарных постах, показала, что основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха города вносят бенз(а)пирен и формальдегид – продукты неполного сгорания топлива автотранспортных средств.

В Томске в 2007 г. ОГУ «Облкомприрода» продолжала работы по мониторингу атмосферного воздуха в г. Томске с использованием передвижной лаборатории. Специалисты Томской СИГЭКиА проводили маршрутные наблюдения в зоне влияния автотранспорта на 14 перекрестках города, в зоне влияния предприятий города, а также в зоне отдыха населения – в Лагерном саду, березовой роще на Каштаке, в парке у Белого озера, на территории Городского сада. Наблюдения проводились и на 17 детских площадках. Кроме того, также как и в предыдущие годы, мониторинг загрязнения атмосферного воздуха проводился методом снеговой съемки, при этом пробы отбирались как в промышленной зоне, так и в селитебной зоне.

Также как и в 2006 г. наибольшее влияние на содержание нитритов и нитратов в снеге (или оксидов азота в воздухе) оказывают выбросы ГРЭС-2, котельных, факелов выбросов ЖБК-100, ЖБК-40, ООО «Керамзит». На втором месте – влияние автотранспорта.

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха в Томске бенз(а)пиреном выявлено на ул. Угрюмова, в зоне влияния выбросов группы предприятий ЖБК-100, ЖБК-40, ООО «Керамзит», в районе улиц Трудовая и Н.Луговая (в зоне влияния выбросов шпалопропиточного завода), в зоне суммарного влияния выбросов ГРЭС-2 и автотранспорта. Загрязнение воздуха свинцом в Томске вызвано выбросами автотранспорта, причем наибольшие значения плотности выпадений свинца

обнаружены в зоне влияния наиболее нагруженных транспортных магистралей. Зоны отдыха – в поле Академгородка, Березовая роща, Белое озеро, Городской сад – находятся в зоне влияния выбросов ГРЭС-2, поэтому там обнаружены довольно высокие уровни загрязнения бенз(а)пиреном, нитритами и нитратами.

На перекрестках Томска, определенные с помощью передвижных лабораторий в зоне влияния выбросов автотранспорта. Наблюдения вели по оксиду углерода, диоксиду азота, фенолам, формальдегиду, взвешенным веществам, бенз(а) пирену. Степень загрязнения атмосферного воздуха характеризуется как высокий и очень высокий, выбросы автотранспорта на наиболее нагруженных автомагистралях создают наиболее высокую степень загрязнения – это улицы Красноармейская, Пушкина, Елизаровых, проспекты Ленина, Мира, Фрунзе, Кирова. Наибольшие превышения предельно допустимых концентраций, как и в прежние годы, установлены по формальдегиду – до 18 ПДК.

11.5 Водные ресурсы

Поверхностные водоемы (реки и озера) Томской области — пресные, в основном, естественного происхождения, занимают около 2,5 % всей площади. На территории области насчитывается 18100 рек общей протяженностью 95 тыс. км, 112900 озер площадью водного зеркала 4451 км², более 1,5 тыс. болот, включая болота площадью в сотни тысяч квадратных километров, более 170 прудов и водохранилищ. На территории Томской области, по состоянию на 1 января 2008 г., разведано 30 месторождений пресных подземных вод и одно — минеральных. Основной водной артерией Томской области является р. Обь протяженностью по территории области 1169 км. Все реки являются притоками разного порядка р. Оби. Большая их часть имеет длину до 10 км (91 % всех водотоков). Рек длиной более 100 км в области насчитывается свыше 80. Доля рек протяженностью свыше 500 км значительно меньше (8 рек, или 0,02 % от общего количества водотоков), однако именно в них сосредоточены почти все ресурсы речных вод. Среднегодовой сток р. Оби на севере Томской области (у с. Прохоркино) составляет 159,6 км³/год, р. Томи у г. Томска — 32,4 км³/год, р. Чулыма ниже г. Асино — 24,7 км³/год, р. Кети в районе г. Колпашево — 14,9 км³/год. В недрах Томской области подземные воды имеют широкое распространение и связаны с отложениями разного возраста, от палеозойского до четвертичного. Использование подземных вод в хозяйстве области самое разнообразное в зависимости от потребностей, назначения, качест-

ва, ресурсов. Наиболее широко они используются при организации хозяйственно питьевого водоснабжения. Первостепенное значение в этой отрасли имеет палеогеновый водоносный комплекс в силу его повсеместного распространения на основной территории Томской области, огромных ресурсов, надежной защищенности от загрязнения подземных вод со стороны дневной поверхности, устойчивого качества питьевой воды, простых методических приемов при поисках и разведке.

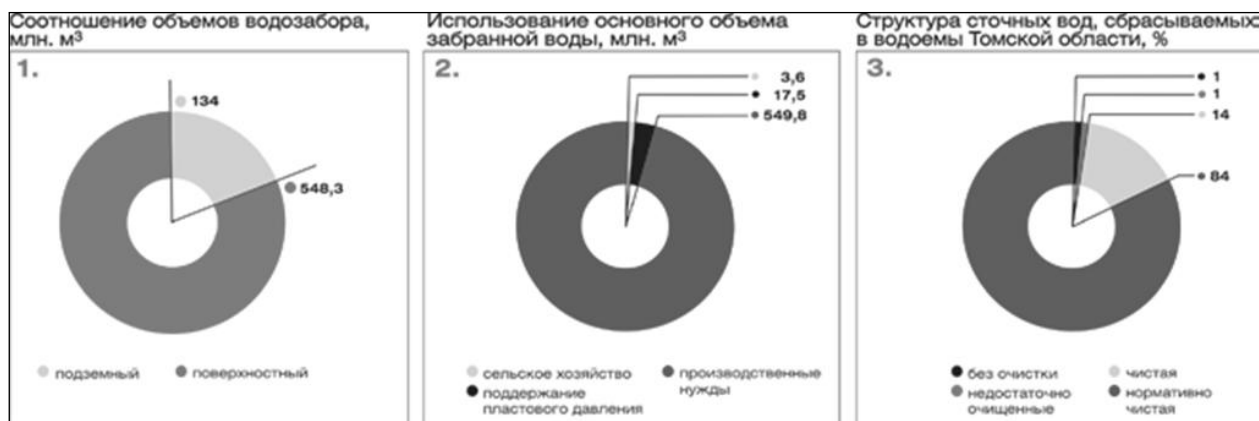


Рисунок 19. Водные ресурсы Томской области

На юго-востоке области, в зоне выклинивания палеогеновых отложений основным источником водоснабжения являются подземные воды трещинной зоны палеозойских скальных пород Томского выступа и локальных восточных участков отложения меловых песков. Обеспеченность населения области ресурсами подземных вод питьевого качества неограничена. Текущая потребность хозяйственно питьевых вод на ближайшие 5—10 лет (до 2010 г.) не превышает 500 тыс. м³/сут, что составляет не более 1 % от суммарных прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод (ПЭРПВ) только палеогенового водоносного комплекса и обводненной зоны трещиноватости палеозойских пород. Общее количество ПЭРПВ по Томской области в отложениях вышеупомянутых водоносных комплексов составляет 38,7 млн. м³/сут, из них надежно защищены с поверхности 31,5 млн. м³/сут при потребности населения в питьевой воде на перспективу 0,33 млн. м³/сут. Прогнозные ресурсы пресных и маломинерализованных вод верхней 250 метровой толщи песчано-глинистых отложений от четвертичного с включением песков верхнемелового возраста составляют 61,4 млн. м³/сут. Ресурсы пресных подземных вод в этой толще достигают 98 %. Общий учтенный

водозабор хозяйственных питьевых вод в области по состоянию на 1 января 2005 г. не превышает 400 тыс. м³/сут. Наиболее крупным потребителем подземных вод на утвержденных запасах является Томский район, на который приходится 80—85 % от общего водоотбора (Рис. 19). Потребление подземных вод другими районами не превышает 0,1—6 %. В Томском районе до 90 % используемой воды приходится на г. Томск. Среднесуточный расход Томского водозабора превышает 200 тыс. м³/сут, причем для водоснабжения областного центра дополнительно эксплуатируются Академическое, Северо-Восточное и Черемошкинское месторождения. В городской черте на территориях различных предприятий действуют около 170 одиночных водозаборных скважин. Учет использования подземных вод на территории Томской области ведется с 1975 г. Общее число водопользователей превышает 700, им принадлежит 830 учтенных объектов водопользования. На 1 января 2005 г. на право пользования недрами для добычи подземных вод выдано 376 лицензий. Число водопользователей в последние годы сокращается в связи с ликвидацией многих предприятий и укрупнением объектов водопользования в районных центрах. На право пользования минеральной водой выдано 7 лицензий. На территории Томской области минеральные воды имеют широкое распространение в отложениях мелового и юрского возраста, однако используются они на весьма ограниченных участках, где минеральные воды выведены на дневную поверхность попутно с поисковыми работами на нефть и газ. Целенаправленно разведано лишь 1 месторождение борных хлоридно-натриевых термальных вод в отложениях тарской свиты нижнего мела, на базе которого работает санаторий Чажемто. Перспективы на открытие месторождений минеральных вод с различной бальнеологической ценностью очень большие. Каждый районный центр области имеет реальную возможность использовать определенные типы минеральных вод. В нефтегазоносных провинциях Томской области наряду с открытием минеральных вод имеются перспективы на поиски и разведку гидроминерального сырья — подземных вод, содержащих в промышленных концентрациях йод, бром, литий, рубидий, стронций, калий и др.

Подземные воды в отложениях неоген-четвертичного, палеогенового и мелового возраста на территории Томской области, в большинстве случаев не соответствуют требованиям санитарных норм и правил (СанПиН 2.1.4.1074—01) Госкомсанэпиднадзора России из-за характерных для Западной Сибири природных условий формирования их химического состава. В водах повышено содержание железа, кремния, марганца, бромидов, но повсеместно очень низкие концентрации фтора.

Подземные воды обладают повышенной мутностью и нередко цветностью, так как в них присутствуют повышенные концентрации растворенных органических веществ гумидного типа. В западных и северных нефтегазоносных районах области подземные воды характеризуются иногда значительным содержанием нефтепродуктов, фенолов и водорастворенных газов — метана и сероводорода. Поэтому перед использованием подземных вод в питьевых целях требуется специальная водоподготовка для удаления избытков железа, марганца, органических составляющих и других компонентов, понижающих физические свойства питьевых вод.

Потоки использования. Водные ресурсы Томской области используются путем потребления воды в хозяйственно питьевых, производственных, сельскохозяйственных и других целях, для отведения сточных вод, в качестве транспортных путей.

Количество отчитывающихся водопользователей по форме 2 ТП (водхоз) «Сведения об использовании воды за 2007 г.» по Томской области составило 221 объекта.

Количество свежей воды, забираемой из природных водных объектов, составило в 2007 г. 682,3 млн. м³, из которых 548,26 млн. м³ — из поверхностных водных объектов, 134,04 млн. м³ — из подземных.

Хозяйственно питьевое водоснабжение осуществляется, преимущественно, из подземных источников. Объем свежей воды, использованной на хозяйственно питьевые нужды, составил в 2007 г. 62,84 млн. м³, на производственные нужды — 549,82 млн. м³, на орошение — 0,23 млн. м³; на поддержание пластового давления — 17,51 млн. м³, на сельскохозяйственное водоснабжение — 3,63 млн. м³. Расходы в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения составил — 2414,34 млн. м³.

Водоотведение в Томской области. Водоотведение в Томской области в 2007 году составило 557,28 млн. м³ и осуществлялось преимущественно в реки (99,6 %). В поверхностные водные объект сброшено 555,07 млн. м³, из которых:

- Нормативно-чистые сточные воды (без очистки) — 470,28 млн. м³;
- Нормативно-очищенные сточные воды — 75,61 млн. м³;
- Недостаточно-очищенные сточные воды — 4,38 млн. м³;
- Загрязненные без очистки — 4,80 млн. м³.

Состояние качества поверхностных вод. Наблюдение за состоянием поверхностных вод, проводимое ТЦГМС, показало, что вода большинства рек загрязнена. По-прежнему велико загрязнение нефтепродуктами. В результате естественного и антропогенного загрязнения поверхностных вод водоемы Томской области соответствуют 3—4 классам качества вод: «загрязненная» и «умеренно загрязненная».

Хозяйственно-питьевое водоснабжение населения Томской области в 2007 году. Население Томской области составляет 1033102 человека, из них городских жителей 593863 человека, сельских 439239 человек.

Количество населения Томской области, пользующегося централизованным хозяйственно-питьевым водоснабжением в 2007 г., составило 901330 человек (87,25 %). Нецентрализованным водоснабжением (колодцы, одиночные скважины без разводящей сети) охвачено 131720 человек (12,75 %) преимущественно сельское население.

В 2007 году в Томской области эксплуатировалось 1180 источников централизованного водоснабжения. Для питьевого водоснабжения используются источники подземной воды, т.е. артезианские скважины (1180 скв.). Только 3 водозабора, для горячего водоснабжения г. Томска, используют речную воду из р. Томи. Из общего количества эксплуатируемых скважин, хозяйственно-питьевых водозаборов, 61 (11,64 %) скважина не имеет должной зоны санитарной охраны (ЗСО), а в 2006 г. – 78 (15,0 %). Основной причиной нарушения (отсутствия) ЗСО связано с расположением скважин в черте населенных пунктов, в связи с чем на территорию первого, второго поясов ЗСО попадают такие объекты, как частные жилые дома не имеющие централизованных канализационных систем удаления сточных вод. Для подземной воды эксплуатируемых артезианских скважин характерно высокое природное содержание железа до 30 ПДК (норма – 0,3 мг/л), марганца до 4 ПДК (норма – 0,1 мг/л), аммиака до 2 ПДК (норма – 2,0 мг/л), кремния до 1,8 ПДК (норма – 10,0 мг/л). По микробиологическим показателям подземная вода водоносных горизонтов соответствует нормам (Таблица 6).

Таблица 6

Состояние качества рек Томи и Ушайки (по данным Росгидромета)

Водный объект	Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды УКИЗВ				Класс качества воды				
	2007 г.	2006 г.	2005 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2.007 г
р. Томь, с. Козюлино	3,54	2,82	1,48	1,23	3	2	2	3А	3Б
р. Ушайка, г. Томск	4,99	3,29	3,23	3,54	4	3Б	3Б	3Б	4Б

11.6 Радиационная обстановка в Томской области

Радиационную обстановку в Томской области формировали следующие факторы и события (Рис. 20):

- выпадения радионуклидов из атмосферы, обусловленные проводившимися ранее ядерными испытаниями на полигонах, в том числе после атомного взрыва на Тоцких учениях в 1954 году;
- загрязнение территории и объектов окружающей среды техногенными радионуклидами вследствие эксплуатации предприятий Сибирского химического комбината и хранилищ радиоактивных отходов (РАО), а также вследствие аварий;
- загрязнение окружающей среды естественными радионуклидами (ЕРН) вследствие работы угольных котельных и ТЭЦ, а также деятельности предприятий нефтегазового комплекса;
- выделение радона-222 из почвы, стройматериалов и стен помещений;
- потери источников ионизирующих излучений (ИИИ), применяемых в медицине, промышленности, приборах неразрушающего контроля и пр.



Рисунок 20. Источники радиоактивного загрязнения территории Томской области при испытаниях ядерного оружия

Влияние Сибирского химического комбината на окружающую среду. Почти 50 лет в нескольких километрах от г. Томска функционирует крупнейшее в России и мире предприятие по производству оружейного плутония – Сибирский химический комбинат (СХК). На территории СХК было построено 5 промышленных реакторов, в настоящее время работает один, его окончательная остановка предполагается в 2008 г.

По данным Западно-Сибирского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Новосибирск), в настоящее время основным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды территории Томской области

является СХК. В 30-км зоне СХК расположено более 80 населённых пунктов (около 680 000 человек, в том числе города Томск и Северск).

Загрязнение окружающей среды происходит в результате как плановых, так и аварийных газо-аэрозольных выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, содержащих радионуклиды, в Томь, а также вследствие хранения и захоронения жидких и твердых РАО. За 50 лет на комбинате произошло более 30 инцидентов, причем пять из них (включая аварию 06.04.93 г.) относятся к третьему уровню по международной шкале событий на атомных станциях и квалифицируются как серьёзные происшествия.

Выбросы. В атмосферу выбрасываются инертные радиоактивные газы (аргон-41, криптон-85 и др.), тритий, углерод-14, стронций-90, йод-131, цезий-137, альфа-излучающие радионуклиды (уран, плутоний, америций и др.). Кроме того, в атмосферу выбрасываются вредные химические вещества: соединения фтора, трибутилфосфат, оксиды азота, азотная кислота, парафины, четыреххлористый углерод, бензол и ряд других. Необходимо отметить, что в масштабе России СХК дает очень большой вклад в выбросы инертных радиоактивных газов в атмосферу. Например, в 2004 г. выбросы ИРГ (аргон-41, криптон-85, ксенон-133 и др.) комбинатом составили 69 % от суммарного выброса ИРГ всех десяти атомных станций России (Ежегодник Росгидромета, 2005).

Сбросы. За время работы комбината произошло значительное радиоактивное загрязнение береговой линии Томи ниже по течению от места сброса сточных вод СХК. В Томь из водохранилища-отстойника ВХ-1 сбрасываются сточные воды, содержащие радионуклиды натрий-24, фосфор-32, хром-51, кобальт-60, цинк-65, мышьяк-76, цезий-137, европий-152, нептуний-239 и ряд других радионуклидов и химических элементов.

Хранилища РАО. На территории комбината расположены несколько десятков хранилищ жидких (ЖРО) и твердых РАО, являющихся потенциально опасными при возникновении стихийных бедствий (смерчи), а также в случае падения самолета или другого летательного аппарата. Радионуклиды разносятся на большие расстояния водоплавающей птицей и дикими животными. Опасность представляет хранение на территории комбината отвалного гексафторида урана, в том числе и тех нескольких сотен (или тысяч) тонн, которые получены при переработке и обогащении сырья по договорам с западными фирмами. Потенциальную опасность представляет также подземное захоронение ЖРО (по данным Минатома общая активность около 400 млн. Кюри),

осуществляющееся более 40 лет на глубину 280-400 м (закачка ЖРО в подземные пласты-коллекторы).

Хранилища делящихся материалов. На комбинате хранится несколько тысяч контейнеров делящихся материалов, полученных из войсковых частей. Реализация договоров СНВ-1, СНВ-2 привела к высвобождению значительного количества оружейных делящихся материалов. Их хранение на СХК до сих пор осуществляется в зданиях и сооружениях, характеристики которых в ряде случаев не соответствуют современным требованиям. Все опасные грузы везут по однопутной железнодорожной ветке, которая проходит по г. Томску в непосредственной близости от густонаселённых кварталов.

Степень воздействия на окружающую среду и планы развития. Снижение выбросов и сбросов в последние годы объясняется сокращением производства и выводом промышленных реакторов из эксплуатации. В планах развития комбината – строительство АТЭС (с двумя реакторами типа ВВЭР-1000). Учитывая планы развития СХК, можно предполагать, что воздействие комбината на прилегающую территорию не уменьшится.

Радиационный мониторинг. В Томской области продолжают работы по эксплуатации и развитию автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО). Основной целью создания АСКРО является обеспечение органов государственного управления оперативной и достоверной информацией о радиационной обстановке в 30-км зоне СХК. АСКРО выполнена по радиально-узловому принципу и содержит следующие функциональные узлы: четыре центра сбора и обработки информации и распределенную общую измерительную сеть из 25 постов контроля. В случае ухудшения радиационной обстановки и превышения установленного значения мощности дозы на каком либо из постов АСКРО, пост самостоятельно выходит на связь с центром и включает сигнализацию, которая отключается только после снятия показаний дежурным оператором. Кроме того, пост может сообщить о несанкционированном доступе, о выходе из строя, об обрыве кабеля и пр. По данным работающих постов АСКРО в 2007 г. средняя мощность дозы гамма-излучения в 30-км зоне СХК составляла 10 мкР/ч (так же, как и в 1996-2006 гг.), информация ежедневно выносилась на сайт Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области.

Основные выводы о радиационной обстановке на территории Томской области в 2007 г. Радиационная обстановка на территории

Томской области в 2007 г. по сравнению с прошлыми годами продолжает постепенно улучшаться в результате естественных процессов самоочищения природной среды от радиоактивного загрязнения, а также в результате остановки трех реакторов на СХК и уменьшения объемов радиохимического производства. Накопление на почве радионуклидов, выпавших из атмосферы в течение 2007 г., повсюду было незначительным по сравнению с их суммарным запасом в почве.

Ядерных и радиационных аварий на радиационно-опасных объектах не происходило, радиоактивного загрязнения окружающей среды не зарегистрировано. Радиационная обстановка на следе загрязнения от аварии на СХК в апреле 1993 г. нормализовалась. В 2008 г. будут остановлены последние работающие реакторы СХК.

Содержание радионуклидов в питьевой воде, пищевых продуктах, атмосферном воздухе намного ниже допустимых концентраций. Нормы, правила и гигиенические нормативы в сфере радиационной безопасности организациями выполняются, выявленные нарушения не привели к облучению персонала и населения.

Таким образом, в 2007 г. радиационная обстановка на территории Томской области по сравнению с предыдущими годами существенно не изменилась и остается удовлетворительной и стабильной.

11.7 Отходы производства и потребления

Общее количество отходов производства и потребления, накопленных к началу 2008 года на территории Томской области, составило 9758 тыс. т. За 2007 год, по данным инвентаризационных ведомостей предприятий, организаций и учреждений, образовано около 592 тыс. т более чем 200 видов отходов производства и потребления различных классов опасности, из них отходов потребления — 169,76 тыс. т и промышленных — 422,6 тыс. т. (Рис. 21). В пересчете на одного жителя области в 2007 г. образовано около 0,56 т отходов.

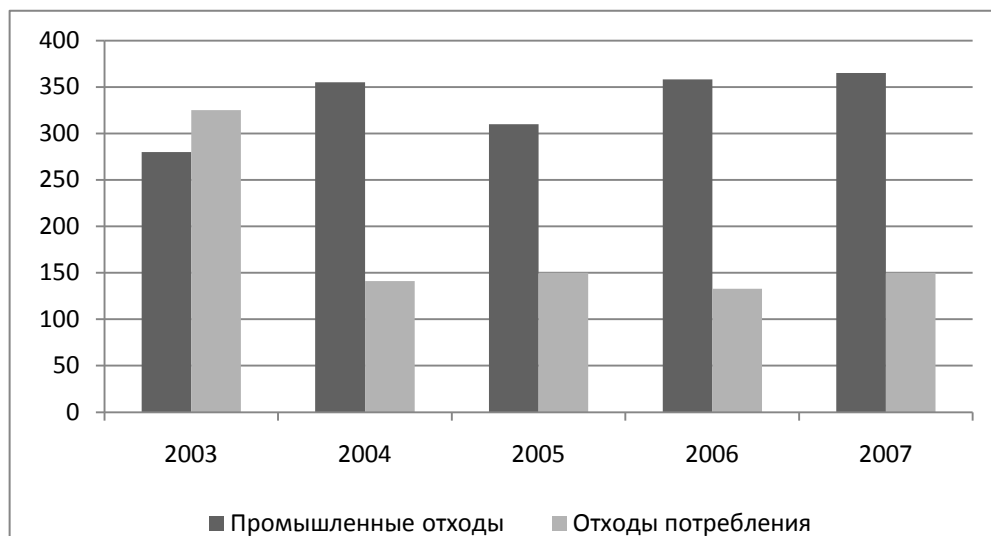


Рисунок 21. Динамика объемов отходов потребления и промышленных, тыс. т.

К первому классу опасности относят отходы в объеме 53 т, ко второму — 391 т, к третьему — 28508 т, к четвертому – 201031 т, к пятому – 362375 т. (Рис. 22).

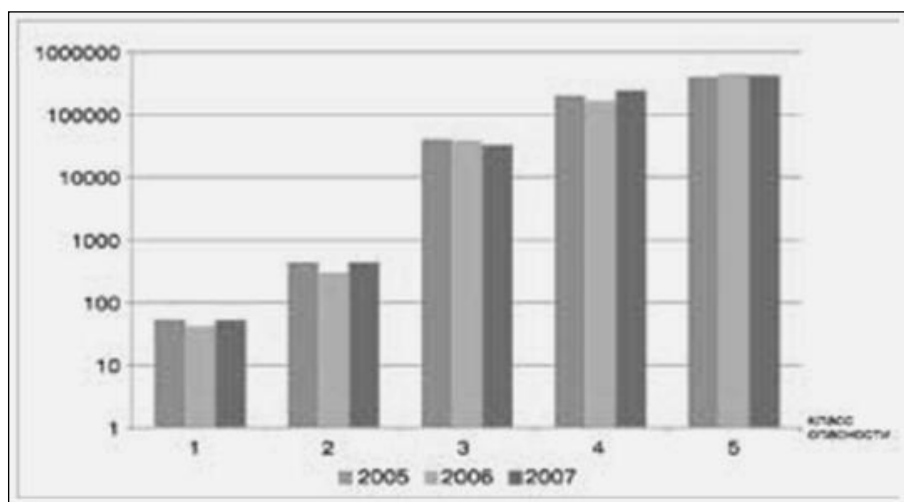


Рисунок 22. Распределение отходов производства и потребления по классам опасности в 2005-2007 гг., в т.

Из общего объема образованных отходов используются на предприятиях 157 тыс. т, передаются другим предприятиям в качестве вторичных ресурсов 107 тыс. т, временно хранятся на территориях предприятий 10 тыс. т и размещается на санкционированных объектах (свалки, полигоны, шламо-накопители и др.) 307 тыс. т (Рис. 23).

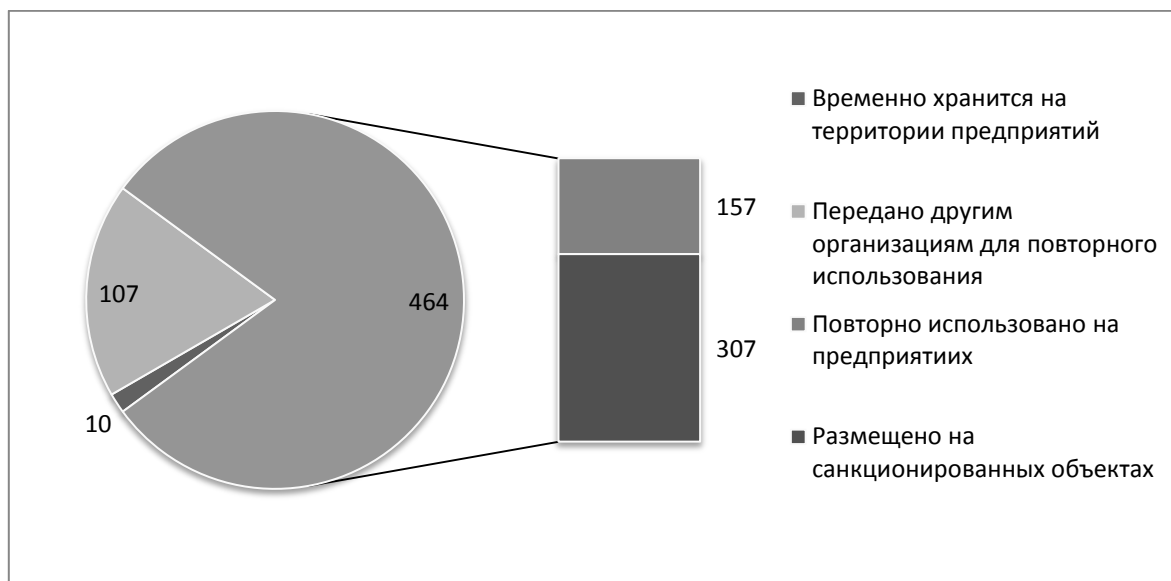


Рисунок 23. Обращение с отходами производства и потребления в Томской области в 2007 г., тыс.тонн.

По состоянию на 01.01.2008 на территории Томской области было учтено 444 объекта размещения отходов. Из них 131 объект размещения биологических отходов (скотомогильники, трупные ямы), среди которых только 30 объектов обустроено согласно существующим нормам и правилам.

В учтенный объем образовавшихся в 2007 году отходов производства и потребления (592358 т, 1638 хозяйственных субъектов) не включены отходы, размещенные в несанкционированных местах, и отходы природопользователей не охваченные инвентаризацией.

Вклад различных отраслей производства в образование отходов в 2007 году показан на рис. 24.

В соответствии со стратегией социально-экономического развития Томской области на 2006–2010 годы одним из приоритетных направлений является вовлечение вторичных ресурсов в товарооборот. В 2007 году наконец-то решился вопрос: Куда сдавать отработанное масло? В настоящее время ЗАО «Экопром-синтез» получило лицензию и приступило к приему «отработки», перерабатывая ее в смазочный материал – литол 24-т.

Еще одной маленькой победой этого года явился пуск установки по производству резиновой крошки для изготовления полимерного покрытия полиплан из автопокрышек. Этот проект реализовало ЗАО «Экологические системы», которое в короткий срок уже изготовило детские спортплощадки не только в Томске – у школы № 40, гимназии № 29, но и в Кемерово, Барнауле и Новосибирске.

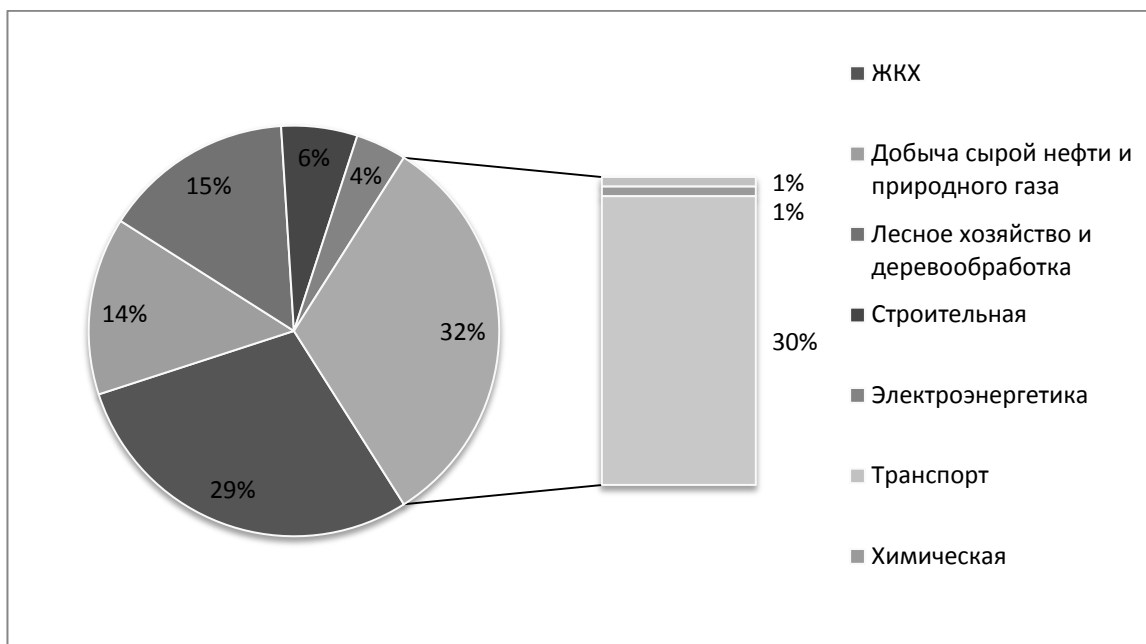


Рисунок 24. «Вклад» различных отраслей производства в образование отходов, %

Появилась конкуренция на рынке переработки ртутьсодержащих ламп. Помимо ОАО «Полигон» лицензию на данный вид деятельности получило ООО НПП «Экотом», что не замедлило сказаться на стоимости приема отходов. Она начала значительно снижаться.

Силами малого бизнеса начато внедрение экологически значимых проектов. Это – технология нейтрализации отработанных кислот и применение ВИР-технологии (вторичное использование рубероида). Данные проекты будут реализованы в 2008 г.

Исходя из приведенной выше информации, можно сделать вывод, что сфера переработки вторичных ресурсов активно развивается и состояние окружающей среды в дальнейшем во многом будет зависеть от внедрения передовых экологически чистых технологий.

12. Глоссарий

Анализ – метод исследования, состоящий в мысленном или фактическом разложении целого на составные части; всесторонний разбор чего-либо путем рассмотрения его отдельных свойств и составных частей; синоним научного исследования вообще («подвергнуть анализу» означает «изучить»). Познание не сводится только к анализу; в сочетании, переплетении, единстве с синтезом становится возможным познание реальности.

Анализ риска – систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска. Анализ риска обеспечивает базу для оценивания риска, мероприятий по снижению риска и принятия риска. Информация может включать в себя исторические данные, результаты теоретического анализа, информированное мнение и касаться причастных сторон.

Анализ риска для здоровья – процесс сбора, анализа и сравнения прогнозируемых параметров состояния здоровья отдельного лица с параметрами стандартной возрастной группы, позволяющий предсказать вероятность того, что у этого лица может преждевременно появиться какая-либо проблема со здоровьем, связанная с высоким уровнем заболеваемости и смертности в группе.

Антропогенное воздействие – любой вид хозяйственной деятельности человека в его отношении к природе.

Антропогенные факторы – факторы, обязанные своим происхождением деятельности человека.

Биосфера - область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы

Безопасность химическая – это совокупность определенных свойств объектов окружающей среды и создаваемых регламентируемых условий, при которых, с учетом экономических, социальных факторов и научно-обоснованных допустимых дозовых нагрузок химических вредных веществ, удерживаются на разумно низком минимально-возможном уровне риск возникновения аварий на химически опасных объектах, а также риск прямого или косвенного воздействия этих веществ на окружающую среду и человека, и исключаются отдаленные последствия воздействия химических вредных веществ для настоящего и последующего поколений.

Вероятность – мера того, что событие может произойти.

Вещество опасное химическое – химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей и их гибель.

Воздействие на окружающую среду – любые потоки вещества, энергии и информации, непосредственно образующиеся в окружающей

среде или планируемые в результате антропогенной деятельности и приводящие к изменениям окружающей среды.

Воздействие экологическое – человеческая деятельность, а также стихийные природные бедствия и катастрофы, в результате которых изменяется окружающая среда и вследствие этого условия существования человека и общества.

Добавочная доза популяционного риска – доля заболеваемости, смертности или инвалидности в популяции, связанная с воздействием данного фактора риска, рассчитываемая путем деления добавочного популяционного риска на показатели здоровья в исследуемой популяции.

Добавочный или атрибутивный риск – дополнительные случаи развития патологии, обусловленные воздействием факторов риска.

Допустимая суточная доза (ДСД) – дневная доза какого-либо химического вещества, которая не дает ощутимо вредных воздействий по всем известным критериям за все время жизни животного или человека. Она выражается в миллиграммах химического вещества на 1 кг массы тела.

Загрязнение – привнесение в природную среду или возникновение новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических веществ и агентов, оказывающих вредное воздействие на человека, флору, фауну и на материалы.

Загрязнитель – субъект воздействия на окружающую среду, любое юридическое или физическое лицо, несущее эколого-правовую и эколого-экономическую ответственность за конкретное воздействие на окружающую среду.

Загрязняющее вещество – вещество, способное нанести вред здоровью людей или окружающей среде, присутствующее в тех или иных объектах природной или окружающей среды в количествах, превышающих его естественные (фоновые) содержания.

Зона экологического риска – зона, где наблюдаются достоверные изменения свойств природных комплексов, приводящие к негативным для природы и человека последствиям.

Идентификация риска – процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска. Элементы риска могут включать в себя источники и или опасности, события, последствия и вероятность. Идентификация риска может также отражать интересы причастных сторон.

Идентификация источников – процесс нахождения, составления перечня и описания источников. Применительно к безопасности идентификация источников представляет собой идентификацию опасностей.

Источник – объект или деятельность с потенциальными последствиями.

Канцероген – фактор, воздействие которого достоверно увеличивает частоту возникновения опухолей (доброкачественных и/или злокачественных) в популяциях человека и/или животных, и/или сокращает период развития этих опухолей.

Канцерогенная опасность (риск) – вероятность значительного повышения частоты возникновения опухолей у людей, подвергшихся или подвергающихся воздействию определенных канцерогенных факторов в быту и/или на производстве и коррелирующая с индивидуальными способностями «образа жизни», эндогенными факторами («факторами организма»), загрязнениями окружающей среды или профессиональными вредностями.

Количественная оценка риска – процесс присвоения значений вероятности и последствий риска.

Коммуникация риска – обмен информацией о риске или совместное использование этой информации между лицом, принимающим решение, и другими причастными сторонами.

Ксенобиотик – чужеродное химическое вещество, отсутствующее в норме в окружающей среде, например, пестициды или диоксины.

Мониторинг окружающей среды – система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогнозов будущего состояния окружающей среды; организационно и технически оформленная государственная (или ведомственная) информационно-измерительная система наблюдений, оценки состояния окружающей природной среды и прогнозирования ее изменений под влиянием природных или техногенных факторов.

Неопределенность – неясное, нечетко выраженное положение, ситуация, тенденция; носит как объективный, так и субъективный характер.

Неопределенность стохастическая – это неопределенность, описываемая, распределением вероятностей на множестве возможных состояний рассматриваемого объекта; случайность.

Нормирование санитарно-гигиеническое – система оценки и контроля допустимых уровней воздействия загрязняющих веществ на человека с целью непосредственной его защиты от вредного влияния этих веществ. Обеспечивается нормативами санитарно-гигиенических ПДК загрязняющих веществ с учетом возможного синергизма их действия.

Менеджмент риска – скоординированные действия по руководству и управлению организацией в отношении риска. Обычно менеджмент риска включает в себя оценку риска, обработку риска, принятие риска и коммуникацию риска.

Окружающая среда – совокупность абиотической, биотической и социальной сред, способных совместно и непосредственно оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на людей и их хозяйство, на животные, растительные и другие организмы.

Опасность техногенная – состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объекту, реализуемое в виде поражающих воздействий источника техногенной опасности на человека и окружающую среду при его возникновении, либо в виде прямого или косвенного ущерба для человека и окружающей среды в процессе нормальной эксплуатации этих объектов.

Оптимизация риска – процесс, связанный с риском, направленный на минимизацию негативных и максимальное использование позитивных последствий и, соответственно, их вероятности.

Остаточный риск – риск, остающийся после обработки риска.

Оценивание риска – процесс сравнения количественно оцененного риска с данными критериями риска для определения значимости риска.

Охрана окружающей среды – предотвращение, ограничение и уменьшение негативного воздействия последствий стихийных бедствий, аварий или катастроф, либо хозяйственной и производственной деятельности людей на здоровье и благосостояние человека и окружающую его природную среду.

Показатель смертности является отношением числа умерших среди данного населения в течение года к численности этого населения по состоянию на середину года. Смертность выражается как число умерших на 1000 или 100000 жителей. Показатель также рассчитывается для отдельных возрастных групп, рас, по полу, географическим областям или причинам смерти (специфический показатель), а также для всего населения (общий показатель).

Порог – доза или уровень экспозиции, ниже которой не обнаруживается значительного неблагоприятного эффекта. Канцерогены являются беспороговыми химическими веществами, для которых не существует такого воздействия, которое могло бы рассматриваться как не обладающее некоторым риском развития неблагоприятных эффектов.

Последствие – результат события. Результатом события может быть одно или более последствий. Последствия могут быть ранжированы от позитивных до негативных. Однако применительно к аспектам безопасности последствия всегда негативные. Последствия могут быть выражены качественно или количественно.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – экологический норматив, максимальная концентрация загрязняющего вещества в компо-

нентах природной среды, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени не оказывает негативных воздействий на организм человека или другого рецептора.

Предотвращение риска – решение не быть вовлеченным в рискованную ситуацию или действие, предупреждающее вовлечение в нее. Решение может быть принято на основе результатов оценивания риска.

Принятие риска – решение принять риск. Зависит от критериев риска.

Природная среда – часть природы, не испытывающая непосредственного воздействия со стороны человека. Характеристики ее определяются биотическими и естественными абиотическими факторами, к которым относятся климат, свет, атмосферные осадки, географическая цикличность и т.п.

Риск – сочетание вероятности события и его последствий. Термин «риск» обычно используют только тогда, когда существует возможность негативных последствий. В некоторых ситуациях риск обусловлен возможностью отклонения от ожидаемого результата или события.

Риск индивидуальный – вероятность (частота возникновения) поражающих воздействий определенного вида (смерть, травма, заболевание) для индивидуума, возникающая при реализации определенных опасностей в определенной точке пространства (где находится индивидуум).

Риск социальный – зависимость вероятности нежелательных событий (или частоты их возникновения), состоящих в поражении определенного числа людей, подвергающихся негативным воздействиям определенного вида при реализации определенных опасностей, от этого числа людей.

Риск относительный (или отношение рисков) – отношение заболеваемости среди лиц, подвергшихся и не подвергавшихся воздействию факторов риска. Этот показатель не несет информации о величине абсолютного риска. Даже при высоком значении относительного риска абсолютный риск может быть совсем небольшим, если заболевание редкое. Относительный риск показывает связь между воздействием и заболеванием.

Риск экологический – вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние в результате текущей или планируемой хозяйственной деятельности; возможность потери контроля над происходящими экологическими событиями.

Под **допустимым экологическим риском** принято понимать сознательное допущение вероятности причинения вреда окружающей среде ради достижения экономического или экологического эффекта.

Риска анализ – процесс определения угроз безопасности системы и отдельных ее компонентов, определения их характеристик и потенциального ущерба, а также разработка мер защиты.

Риска восприятие – отношение людей и общества к риску, которое должно учитываться при выработке мероприятий по снижению риска с тем, чтобы они были правильно восприняты и адекватно реализованы.

Риска методы оценки. После выявления принципиально возможных рисков необходимо оценить их уровень и последствия, к которым они могут привести, то есть вероятность соответствующих событий и связанный с ними потенциальный ущерб. Разработаны различные методы оценки риска; возможно также использование их сочетаний.

Риск-менеджмент – система управления риском и финансовыми отношениями, возникающими в процессе этого управления. В основе риск-менеджмента лежат целенаправленный поиск и организация работы по снижению степени риска, искусство получения и увеличения дохода в неопределенной хозяйственной ситуации. Снижение величины риска осуществляется через финансовые методы: диверсификацию, лимитирование, страхование, самострахование и др.

Системный подход – один из общенаучных подходов, направленный на познание механизма интеграции систем как целостных образований – единств, состоящих из взаимосвязанных и взаимодействующих, нередко разнородных элементов. При этом учитывается, что каждая система выступает как элемент более высокой системы.

Снижение риска – действия, предпринятые для уменьшения вероятности, негативных последствий или того и другого вместе, связанных с риском.

Событие – возникновение специфического набора обстоятельств, при которых происходит явление. Событие может быть определенным или неопределенным. Событие может быть единичным или многократным. Вероятность, связанная с событием, может быть оценена для данного интервала времени.

Стресс – неспецифическая (общая) реакция живого организма на любое сильное воздействие, оказываемое на него. Антропогенный стресс возникает у живых организмов под влиянием человеческой деятельности. При стрессе появляется комплекс защитных реакций организма (адаптационный синдром).

Стрессор – фактор, оказывающий сильное воздействие на организм и приводящий к стрессу.

Уменьшение последствия события – ограничение любого негативного последствия конкретного события.

Сценарий – воображаемая, но правдоподобная последовательность действий и вытекающих из них событий, которые могут произойти в будущем с исследуемой системой; модель будущего после принятия решения, представленная до его принятия.

Управление риском – действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента риска. Управление риском может включать в себя мониторинг, переоценивание и действия, направленные на обеспечение соответствия принятым решениям.

Устойчивость экологическая – способность экосистем сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних факторов.

Ущерб – результат изменения состояния объектов, выражающийся в нарушении их целостности или ухудшении других свойств.

Уязвимость – степень возможных потерь, ущерба для данного объекта или совокупности, которые могут произойти при воздействии какого-либо негативного процесса или явления определенной величины.

Факторы риска – факторы, которые повышают вероятность возникновения различных нарушений здоровья, в частности, развития заболеваний.

Фоновый уровень – уровень концентраций химического вещества, характерный для районов, не подверженных непосредственному влиянию человеческой деятельности, и обусловленный деятельностью местных природных источников загрязнения.

Экосистема – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные компоненты связаны обменом веществ, энергии и информации. Экосистема является саморазвивающейся термодинамически открытой системой.

Экология - наука, изучающая взаимоотношения организмов и окружающей среды.

Экологическая химия – наука, изучающая химические основы экологических явлений и проблем

Экспозиция – количество химиката, приходящееся на одну мишень (организм, орган, ткань и т.п.)

13. Список литературы

1. Браун Т., Лемей Г.Ю. Химия в центре наук М.: , Мир,1983.
2. Вернадский В.И. Биосфера.- М.:Наука,1977.
3. Горелов А.А. Экология: Учебное пособие.- М.: Центр, 1998, 240 с.
4. Монин А.С.Шишков Ю.А. Глобальные экологические проблемы.- М.: Знание, 1991.
5. Давыдова С.Л. О токсичности ионов металлов.-М.: Знание,1991.
6. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. Под ред. Х. Зигель. М.: Мир, 1993, 366 с.
7. Одум Ю. Экология .-М.:Мир,1986.
8. Охрана окружающей среды/ Под ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа,1991.
9. Путилов А.В. Копреев А.А., Петрухин Н.В.Охрана окружающей среды. - М.- Химия, 1991.
10. Реввель П., Реввель Ч. Среда нашего обитания. В четырех книгах. Книга вторая: Загрязнение воды и воздуха. М.: Мир, 1995, 296 с.
11. Реввель П., Реввель Ч. Среда нашего обитания. В четырех книгах. Книга третья: Энергетические проблемы человечества. М.: Мир, 1995, 291 с.
12. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: Мир, 2001, 288 с.
13. Тинсли И. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде.-М.:Мир,1982
14. Степин Б.Д, Цветков А.А. Неорганическая химия.- М.: Высшая школа, 1994.- 612.
15. Коровин Н.В. Общая химия.- М.: Высшая школа, 2005.
16. Химия окружающей среды/Под ред. Дж. О.М. Бокриса.- М.: Химия ,1982.
17. Шиян Л.Н. Анализ природных и питьевых вод. Лабораторный практикум. Томск, Издательство ТПУ, 2008, 62 с.
18. Шустов С.Б., Шустова Л.В. Химические основы экологии.- М.: Просвещение, 1995
19. Икрин В.М., Кашкан Г В. и др. Лабораторный практикум по неорганической химии.-Томск: Изд-во ТПУ, 2003,138
20. Экологический мониторинг. Состояние окружающей природной среды Томской области в 2007 году / Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Том. обл., ОГУ «Облком-природа» — Томск: Графика, 2008. — 24 с.

Учебное издание

ВОРОНОВА Гульнара Альфридовна
ЮРМАЗОВА Татьяна Александровна

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В БИОСФЕРЕ

Учебное пособие


Научный редактор *доктор химических наук*
Профессор Г.Г. Савельев

Подписано к печати _____.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл.печ.л. _____. Уч.-изд.л. _____.
Заказ _____. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru