

# Экологический мониторинг: шаг за шагом



**ЭКОЛАЙН**

**МОСКВА • 2003**



Эколайн

**Экологический мониторинг:  
шаг за шагом**

Москва  
2003

УДК 504.064.36 (470)  
ББК 20.18  
Э 40

Авторы: Е.В. Веницианов, В.Н. Виниченко, Т.В. Гусева, С.Д. Дайман,  
Е.А. Заика, Я.П. Молчанова, В.А. Сурнин, М.В. Хотулева

**DFID** Department for  
International  
Development

 **BRITISH  
COUNCIL**

Третье издание книги профинансировано Министерством международного развития Великобритании (DFID) в рамках Программы малых грантов (SEPS-2), осуществленной Британским советом.

Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др.,  
Под ред. Е.А. Заика. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. — 252 с.

ISBN 5-7237-0447-8

Э 40 Книга посвящена вопросам планирования и осуществления программ экологического мониторинга: государственного, производственного, общественного. Рекомендации методического, научного и организационного характера изложены в понятной форме, проиллюстрированы примерами и модельными проектами, сопровождаются ссылками на классические и современные литературные источники.

В приложениях дана справочная информация о загрязняющих веществах, нормативах их содержания в различных средах и методах оценки состояния природных объектов.

Книга адресована широкому кругу читателей: представителям общественных организаций и образовательных учреждений, промышленных предприятий и государственных природоохранительных органов.

УДК 504.064.36 (470)  
ББК 20.18

ISBN 5-7237-0447-8

© Волгоград-Экопресс, Эколайн, 1997  
© Эколайн, 1998, с изменениями  
© Эколайн, 2003, с изменениями  
и дополнениями

# Оглавление

Благодарности .....	6
К читателю .....	8
От авторов .....	10
Глава 1. Экологический мониторинг: шаг за шагом .....	12
Общие понятия .....	12
Классификация экологического мониторинга .....	14
Глобальная система мониторинга окружающей среды .....	15
Государственный экологический мониторинг .....	18
<i>Структура государственного экологического мониторинга,         распределение ответственности</i> .....	18
<i>Регламентация государственных наблюдений         в сети Росгидромета</i> .....	21
Глава 2. Нормирование качества окружающей среды .....	24
Основные понятия, определения и структура системы нормирования .....	24
Нормирование качества воздуха .....	29
Нормирование качества воды .....	32
Нормирование качества почв .....	38
Предельно допустимые концентрации вредных веществ в продуктах питания .....	41
Нормирование источников воздействия .....	42
Нормирование в области радиационной безопасности .....	45
<i>Основные понятия и определения</i> .....	45
<i>Система нормирования в области радиационной безопасности</i> .....	47
Глава 3. Экологический мониторинг: кто есть кто .....	50
Области применения негосударственных видов мониторинга .....	50
<i>Экологический мониторинг и контроль: аспекты, особенности,         взаимосвязь</i> .....	54
Производственный экологический мониторинг .....	55
Основные задачи общественного экологического мониторинга ....	59
<i>Дополнительный информационный канал</i> .....	61
<i>Чрезвычайные ситуации</i> .....	62
Объекты общественного мониторинга .....	62
<i>Малые водные объекты: кто, если не общественные         организации?</i> .....	63

<i>Объекты местного масштаба</i> .....	63
Общественные организации ставят проблему .....	65
<i>Суперэкотоксиканты</i> .....	65
«Межведомственные» проблемы .....	66
Экологический мониторинг: образовательная функция .....	66
Послепроектный анализ .....	67
Глава 4. Методические рекомендации по организации общественного мониторинга .....	69
Общественный экологический мониторинг и контроль: правовые аспекты .....	69
Разработка программы мониторинга .....	70
<i>Цели и задачи</i> .....	70
<i>Выбор приоритетов: объекты наблюдения и определяемые         параметры</i> .....	72
<i>Предварительный анализ ситуации</i> .....	73
<i>Расположение постов наблюдения</i> .....	77
<i>Обратная связь</i> .....	78
Выбор оборудования и методов анализа .....	79
Отбор и подготовка проб .....	82
Документирование результатов .....	83
Интерпретация результатов: типичные ошибки и пути их преодоления .....	86
<i>Государственный мониторинг: проблемы интерпретации</i> .....	87
<i>Требования, предъявляемые к аналитическим данным</i> .....	88
«Сенсационные» результаты .....	90
<i>Пример интерпретации данных общественного мониторинга</i> .....	91
<i>Качественные и полуколичественные методы</i> .....	94
<i>Несколько слов о прогнозировании</i> .....	95
<i>Некоторые рекомендации</i> .....	99
Представление и использование результатов .....	100
<i>Научно-технический отчет</i> .....	102
<i>Информационные материалы для широкой аудитории</i> .....	104
Глава 5. Партнеры, союзники, оппоненты .....	110
Как организовать сеть .....	110
<i>Основные принципы функционирования сети общественного         экологического мониторинга межрегионального (международного)         уровня</i> .....	110
Как найти союзников: рекомендации для общественных организаций .....	113
<i>Население: как преодолеть безразличие?</i> .....	113
<i>Государственные службы: как их убедить?</i> .....	114
Предприятие-загрязнитель: возможен ли компромисс? .....	115

---

Глава 6. Модельные проекты .....	119
Качество воды в вашей реке .....	119
<i>Практические рекомендации по выполнению задач проекта</i> .....	120
Воздух, которым мы дышим .....	123
<i>Практические рекомендации по выполнению задач проекта</i> .....	124
Предприятие, возле которого мы живем .....	126
<i>Практические рекомендации по выполнению задач проекта</i> .....	128
Дети и окружающая среда .....	130
<i>Практические рекомендации по выполнению задач проекта</i> .....	133
Заключение .....	136
Приложения .....	137
Приложение 1. Источники загрязнения и окружающая среда .....	138
Приложение 2. Нормативы и стандарты качества окружающей среды .....	143
Приложение 3. Некоторые определения и методы оценки качества окружающей среды, используемые в экологическом мониторинге .....	182
Приложение 4. Свойства некоторых загрязняющих веществ .....	197
Приложение 5. Показатели качества вод и формы миграции некоторых загрязняющих веществ в водной среде .....	219
Литература .....	242

## Благодарности

Авторский коллектив выражает искреннюю благодарность всем, без чьей помощи эта книга не увидела бы света.

В свое время в основу еще первого издания книги лег опыт работы сети независимого экологического мониторинга в России и странах СНГ, организованной в рамках проекта международной организации ECOLOGIA, а также опыт работы авторов и их коллег. Мы с благодарностью принимали комментарии и рекомендации к тексту этой книги от читателей. Круг наших коллег постоянно расширялся, авторы приняли участие во многих экологических проектах и программах, что позволило аккумулировать больше знаний о предмете и передать его читателям.

Значительное развитие этот труд получил благодаря опыту, накопленному российско-британскими партнерствами в результате выполнения проектов в рамках Программы малых грантов в области охраны окружающей среды (SEPS-1 и SEPS-2), профинансированной Министерством международного развития Великобритании (DFID) и осуществленной Британским Советом. Практические результаты, полученные, в частности, в проектах SEPS 18 («Живая вода») и SEPS 113 («Возрождение»), выложенных Московским союзом научных и инженерных организаций и британской организацией The Wildlife Trusts помогли систематизировать и дополнительно развить познания авторов в этой области. В книге использованы результаты многих проектов, выполненных в рамках программы «Семена демократии», организованной Московским отделением ИСАР и профинансированной Агентством США по международному развитию (USAID).

Мы благодарим также всех, чьи знания и практические результаты работы помогли завершить труд над новым изданием книги. Опыт общественных организаций и объединений, образовательных учреждений, предприятий, государственных органов Москвы, Санкт-Петербурга, Владимирской, Рязанской, Ярославской, Саратовской, Томской, Нижегородской областей и других регионов России и опыт зарубежных коллег из стран СНГ, Европы и США нашли свое отражение в тексте предлагаемой книги.

Мы благодарим научных консультантов и рецензентов, внесших существенный вклад в подготовку книги — акад. РАЕН В.С. Петросяна, акад. МЭА В.В. Тарасова, д.х.н. С.С. Юфита, к.т.н. А.В. Печникова, д-ра О.М. Черпа, Е.А. Васильеву, Е.В. Красней, Э.И. Бабкиной.

Наконец, мы благодарны тем, без чьей финансовой поддержки выход в свет этой книги был бы невозможен.

Первое издание книги было подготовлено и выпущено при поддержке Московского отделения ИСАР и USAID.



---

Второе издание книги осуществлено в рамках проекта международной организации ECOLOGIA, направленного на распространение экологической информации в странах СНГ. Проект профинансирован W. Alton Jones Foundation.

Представляемая читателю книга публикуется при финансовой поддержке Министерства международного развития Великобритании (DFID) в рамках Программы малых грантов (SEPS-2) Британского совета.

## К читателю

Состояние окружающей среды в современном мире все больше зависит от степени развития общественного сознания, понимания взаимоотношений природы и человека, вовлеченности населения в решение экологических вопросов. Информирование, образование и воспитание в этой сфере играют немаловажную роль в формировании нашего общего будущего.

Я очень рад представить читателям книгу «Экологический мониторинг: шаг за шагом». Это третье издание пособия «Как организовать общественный экологический мониторинг во многом изменено и улучшено, и, по существу, является новой работой. Книга «Экологический мониторинг: шаг за шагом» адресована широкому кругу читателей и подготовлена с учетом развития наук об окружающей среде, специального образования в этой области и сложившейся практики природоохранной деятельности. Она будет интересна всем гражданам, желающим более активно участвовать в улучшении среды обитания.

В работе нет академической строгости, она написана о нашей жизни. Авторы кропотливо анализируют, адаптируют и представляют серьезный научный материал в форме, которая интересна, полезна и понятна и профессионалам, работающим в экологических организациях и на предприятиях, и студентам, и учителям школ, и самим школьникам.

Представители предприятий и государственных органов смогут найти в книге полезную информацию о развитии взаимоотношений, партнерства, об использовании недооцениваемых в России методов картирования, визуальных наблюдений, маркерного мониторинга, столь необходимых практикам.

Преподаватели вузов и школ увидят в представленной книге рекомендации по организации наблюдений, описание модельных проектов, которые под силу многим учебным заведениям. В новом издании использованы материалы недавно опубликованных книг и приведен библиографический список, который поможет сориентироваться педагогам в информационном поле.

Особое внимание в книге уделено общественному экологическому мониторингу. У книги, по сравнению с прошлыми изданиями, появились новые целевые группы, и общественные организации от этого во многом выиграли. Общественности представлены методы и приемы, которые используют в своей деятельности профессионалы (государственные органы и хозяйствующие субъекты), и даны практические советы в отношении того, как строить свою работу, как гармонично встраивать ее в существующую систему экологического мониторинга и контроля.

Мне представляется, что неправительственная организация Эколайн, выпускающая книгу в свет, сумела стать необходимым связующим звеном между общественным экологическим движением, академическими, вузовскими кругами, предпринимателями и государственными органами, которое всемерно способствует развитию общественного диалога и взаимопонимания.

Одна из фундаментальных закономерностей экологии состоит в том, что по мере специализации видов совершенствуются их экологические ниши и уменьшается конкуренция. Этому, шаг за шагом, учит книга.

Шесть лет назад вышло первое издание книги. С тех пор мастерство авторского коллектива значительно совершенствовалось, к подготовке нового издания привлечены специалисты высокого класса, что не могло не сказаться на качестве материала. Отрадно видеть, что международные доноры продолжают оказывать поддержку инициативам отечественных экологов, способствуя распространению современной информации, столь необходимой для развития природоохранной практики в Российской Федерации.

Хочу пожелать внимательного, интересного и полезного чтения всем, кто открывает эту книгу. Успехов вам, коллеги!

*Руководитель Высшей школы наук об окружающей среде,  
член-корреспондент Российской академии наук,  
академик Российской академии образования  
Г.А. Ягодин*

## От авторов

Книга, которую мы предлагаем вниманию читателя, посвящена вопросам организации экологического мониторинга: государственного, производственного, общественного. Цели таких программ во всех случаях близки: получение адекватной информации о состоянии окружающей среды, оценка состояния среды и прогноз изменений ее состояния в будущем. Это необходимо, чтобы можно было гармонично планировать развитие экономики, при необходимости своевременно скорректировать нагрузку на природные объекты.

Рекомендации предназначены для различных заинтересованных сторон: от начинающих общественных объединений до опытных производственников. Книга написана таким образом, чтобы с ее помощью любая группа единомышленников, начиная с нуля, могла определить цели своей работы, разработать адекватную программу мониторинга и реализовать ее. При этом систематическое изложение современных подходов к разработке и реализации программ наблюдений, а также подробные приложения будут полезны и для организаций, самостоятельно осуществляющих мониторинг на протяжении нескольких лет.

Учитывая современную специфику, мы затронули в книге многие вопросы, выходящие за рамки классического понятия мониторинга. Это, прежде всего, вопросы адаптации и распространения полученной информации, взаимодействия между населением, общественными объединениями, органами власти и предприятиями.

Особое внимание уделено простым и доступным методам, не требующим больших затрат, но позволяющим составить хотя бы общее представление о характере проблемы. Описаны возможности и области применения таких эффективных и малозатратных методов мониторинга как визуальные наблюдения, картирование, биоиндикация и т.д. Изложение иллюстрируется примерами, основанными на реальных ситуациях (они помещены во врезках).

Разумеется, в рамки небольшой книги невозможно вместить весь свод необходимых знаний. В общем случае, для организации программы мониторинга необходимы сведения из многих областей знания — химии, физики, математической статистики, а также знакомство со множеством нормативных документов. Мы, однако, стремились указать «точки входа» во все необходимые области. По ходу изложения мы пытались наиболее полно обозначить круг возможных проблем, и, остановившись на них хотя бы вкратце, указать литературные источники для дальнейшего чтения. Половину объема книги составляют приложения, содержащие информацию о стандартах качества окружающей среды, наиболее распространенных загрязняющих веществах, их свойствах и некото-

---

рых методах оценки состояния природных объектов. Собранные из многих, иногда труднодоступных источников, эти материалы могут использоваться не только как приложение к основному тексту, но и как самостоятельный справочник.

Надеемся, эта книга привлечет ваше внимание и найдет применение в вашей практической деятельности.

# Экологический мониторинг: шаг за шагом

*Подлинно многие и почти бесчисленные наблюдения перемен и явлений, на воздухе бывающих, ...учинены от испытателей натуры и ...сообщены ученому свету, так чтобы нарочитой подлинности в предсказании погод уповать можно было...*

М.В. Ломоносов. «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих»

## Общие понятия

В различных видах научной и практической деятельности человека для изучения свойств предметов и явлений издавна применяется метод наблюдения — способ познания, основанный на относительно длительном целенаправленном и планомерном восприятии предметов и явлений окружающей действительности. Блестящие образцы организации наблюдений за природной средой описаны еще в первом веке нашей эры в «Естественной истории» Гая Секунда Плиния (Старшего). Тридцать семь томов, содержащих сведения по астрономии, физике, географии, зоологии, ботанике, сельскому хозяйству, медицине, истории, служили наиболее полной энциклопедией знаний до эпохи средневековья.

Много позднее, уже в XX веке, в науке возник термин **мониторинг** для определения системы целенаправленных повторных наблюдений за одним или несколькими элементами окружающей природной среды в пространстве и времени.

В последние десятилетия общество все шире использует в своей деятельности сведения о состоянии природной среды. Эта информация нужна в повседневной жизни людей, при ведении хозяйства, в строительстве, при чрезвычайных обстоятельствах — для оповещения о надвигающихся опасных явлениях природы. Но изменения в состоянии окружающей среды происходят и под воздействием биосферных процессов, связанных с деятельностью человека. Определение вклада антропогенных факторов в эти изменения представляет собой важную и непростую задачу.

В соответствии со ставшим уже каноническим определением, **экологический мониторинг** — *информационная система наблюдений, оценки и*

прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов [1].

Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию

- о состоянии окружающей среды и его изменениях;
- о причинах наблюдаемых и вероятных изменений состояния (т.е. об источниках и факторах воздействия);
- о допустимости нагрузок на среду в целом и на ее отдельные компоненты;
- о существующих резервах биосферы.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. [2] определяет **экологический мониторинг в РФ** как комплексную систему наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

В соответствии с приведенными определениями и возложенными на систему функциями мониторинг включает три основных направления деятельности (рис. 1):

- наблюдения за факторами воздействия и состоянием среды;
- оценку фактического состояния среды;
- прогноз состояния окружающей природной среды и оценку прогнозируемого состояния.

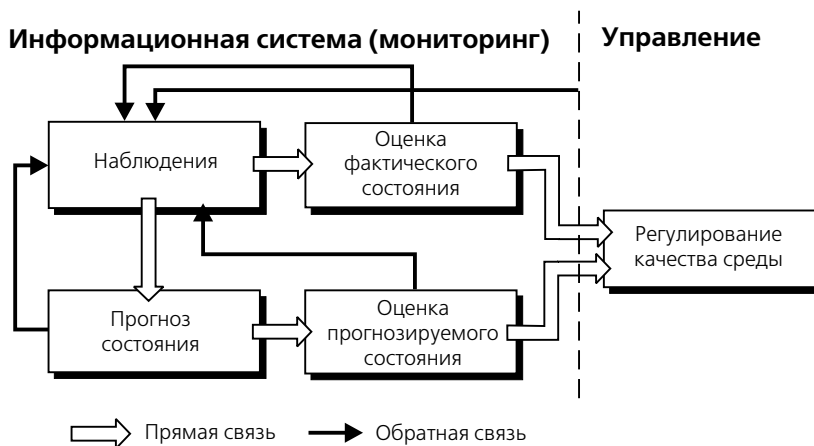


Рис.1. Блок-схема системы мониторинга

Следует принять во внимание, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению источниками воздействия, но является источником необходимой для принятия экологически значимых решений информации. Термин **контроль**, нередко употребляющийся в русскоязычной литературе для описания аналитического определения тех или иных параметров (например, «контроль состава атмосферного воздуха», «контроль качества воды водоемов»), следует использовать только в отношении деятельности, предполагающей принятие активных регулирующих мер.

Понятие **экологический контроль** также определено Федеральным законом «Об охране окружающей природной среды» [2]:

Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) — система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

Основные задачи экологического контроля определены в статье 64 указанного закона:

1. Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) проводится в целях обеспечения органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами исполнения законодательства в области охраны окружающей среды, соблюдения требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, а также обеспечения экологической безопасности.

2. В Российской Федерации осуществляется государственный, производственный, муниципальный и общественный контроль в области охраны окружающей среды.

Таким образом, согласно природоохранительному законодательству, экологический мониторинг представляет собой инструмент экологического регулирования, позволяющий создать информационную базу, необходимую для выполнения задач экологического управления и контроля.

## Классификация экологического мониторинга

Существуют различные подходы к классификации мониторинга (по характеру решаемых задач, по уровням организации, по природным сре-



дам, за которыми ведутся наблюдения). Отраженная на рис. 2 классификация охватывает весь блок экологического мониторинга: наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия, абиотической составляющей биосферы и ответной реакцией экосистем на эти изменения. Таким образом, экологический мониторинг включает как геофизические, так и биологические аспекты, что определяет широкий спектр методов и приемов исследований, используемых при его осуществлении.

Мониторинг источников воздействия	<b>Источники воздействия</b>			
Мониторинг факторов воздействия	<b>Факторы воздействия</b>			
	Физические	Биологические	Химические	
Мониторинг состояния биосферы	<b>Природные среды</b>			
	Атмосфера	Океан	Поверхность суши с реками и озерами	Биота
	Геофизический мониторинг			Биологический мониторинг

Рис.2. Классификация экологического мониторинга

## Глобальная система мониторинга окружающей среды

Сегодня сеть наблюдений за источниками воздействия и за состоянием биосферы охватывает весь земной шар. Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС — GEMS) была создана совместными усилиями мирового сообщества. Основные положения и цели программы ГСМОС были сформулированы в 1974 году на Первом межправительственном совещании по мониторингу. Первоочередной задачей была признана *организация мониторинга загрязнения окружающей природной среды и вызывающих его факторов воздействия*.

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы:

- импактном (изучение значимых воздействий в локальном масштабе — И);

- региональном (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона и трансграничного переноса — Р);
- фоновом (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность — Ф).

Программа импактного мониторинга может быть направлена, например, на изучение особенностей поступления в окружающую среду и

Таблица 1. Классификация загрязняющих веществ по классам приоритетности, принятая в системе ГСМОС [1]

Класс	Загрязняющее вещество	Среда	Тип программы (уровень мониторинга)
1	Диоксид серы, взвешенные частицы	Воздух	И, Р, Ф
	Радионуклиды	Пища	И, Р
2	Озон*	Воздух	И (тропосфера), Ф (стратосфера)
	Хлорорганические соединения и диоксины	Биота, человек	И, Р
	Кадмий	Пища, вода, человек	И
3	Нитраты, нитриты	Вода, пища	И
	Оксиды азота	Воздух	И
4	Ртуть	Пища, вода	И, Р
	Свинец	Воздух, пища	И
	Диоксид углерода	Воздух	Ф
5	Оксид углерода	Воздух	И
	Углеводороды нефти	Морская вода	Р, Ф
6	Фториды	Пресная вода	И
7	Асбест	Воздух	И
	Мышьяк	Питьевая вода	И
8	Микробиологическое загрязнение	Пища	И, Р
	Реакционноспособные углеводороды	Воздух	И

\* Чрезвычайно важный естественный компонент стратосферы — озон — выступает как загрязняющее вещество (сильный окислитель, участвующий в образовании фотохимического смога) в тропосфере (приземном слое воздуха).

рассеяния в ней потоков загрязняющих веществ, содержащихся в отходящих газах или сточных водах конкретного предприятия. Мы еще обратимся к вопросам организации производственного экологического мониторинга (см. раздел *Производственный экологический мониторинг*), который с точки зрения масштабов и приближенности к источникам негативного воздействия на состояние окружающей среды следовало бы поставить на первое место в списке.

Предметом регионального мониторинга, как следует из самого его названия, является состояние окружающей среды в пределах того или иного региона. Наконец, фоновый мониторинг, осуществляемый в рамках международной программы «Человек и биосфера», имеет целью зафиксировать фоновое состояние окружающей среды, что необходимо для дальнейших оценок уровней антропогенного воздействия.

Программы наблюдений формируются по принципу выбора приоритетных (подлежащих первоочередному определению) загрязняющих веществ и интегральных (отражающих группу явлений, процессов или веществ) характеристик. Классы приоритетности загрязняющих веществ, установленные экспертным путем и принятые в системе ГСМОС, приведены в таблице 1.

Определение приоритетов при организации систем мониторинга зависит от цели и задач конкретных программ: так, в региональном мониторинге приоритет отдан городам, водным объектам — источникам питьевого водоснабжения и местам нерестилищ рыб, поэтому в отношении сред наблюдений в первую очередь исследуют атмосферный воздух и воду пресных водоемов. Приоритетность ингредиентов определяется с учетом критериев, отражающих токсические, радиоактивные или болезнетворные свойства загрязняющих веществ, объемы их поступления в окружающую среду, особенности трансформации, вероятности и величину воздействия на человека и биоту и другие факторы, например, возможность организации измерений, стоимость анализов и пр. В Приложении 1 приведены сведения об источниках и характерных факторах возможных воздействий.

Отметим, что приоритеты, выбранные научными, образовательными, общественными организациями\* при разработке программ мониторинга, могут быть иными, не повторяющими ранжирование, принятое в ГСМОС. Программа общественного мониторинга может быть связана с совершенно конкретной проблемой, которая, в совокупности с возможностями организации, и будет определять приоритеты в данном случае.

---

\* Государственные службы, входящие в национальные системы мониторинга, должны ориентироваться на систему приоритетов ГСМОС. В то же время, они могут вводить и иные, дополнительные приоритеты, определяемые региональной или местной спецификой.

Следует иметь в виду, что часть информации общественные организации могут получить в государственных органах мониторинга и других организациях (научных, общественных). Свойства наиболее часто встречающихся загрязняющих веществ описаны в Приложениях 4 и 5. Список литературы содержит ссылки на несколько десятков источников, посвященных этим вопросам.

## Государственный экологический мониторинг

### *Структура государственного экологического мониторинга, распределение ответственности*

Глобальная система основывается на системах национального мониторинга, которые функционируют в различных государствах согласно как международным требованиям, так и специфическим подходам, сложившимся в той или иной стране исторически или обусловленным характером экологических проблем. Международные требования, которым должны удовлетворять национальные системы-участники ГСМОС, включают единые принципы разработки программ (с учетом приоритетных веществ и факторов воздействия), обязательность наблюдений за объектами, имеющими глобальную значимость, а также передачу информации в Центр ГСМОС.

На территории СССР в 70-е годы на базе станций гидрометеослужбы была организована Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды (ОГСНК), построенная по иерархическому принципу.

В обработанном и систематизированном виде полученная информация представлена в кадастровых изданиях, таких как «Ежегодные данные о составе и качестве поверхностных вод суши» (по гидрохимическим и гидробиологическим показателям), «Ежегодник состояния атмосферы в городах и промышленных центрах» и др. До конца 80-х годов все кадастровые издания имели гриф «Для служебного пользования», затем в течение 3-5 лет были открытыми и доступными в центральных библиотеках. К настоящему времени массивные сборники типа «Ежегодных данных...» в библиотеки практически не поступают. Некоторые материалы можно получить (приобрести) в региональных подразделениях Росгидромета.

Помимо ОГСНК, входящей в систему Росгидромета (Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды), экологический мониторинг осуществляется целым рядом министерств и ведомств (табл. 2).

Табл. 2. Государственные организации, ответственные за сбор и накопление информации о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в Российской Федерации

Организации	МПР	ГМ	СЭС	Зем	С/х	Стр*	НИИ**	Стат†
<b>Состояние окружающей среды и источники воздействия</b>								
Воздух	❖	❖	❖			❖		♦
Вода	❖	❖	❖			❖		♦
Почвы	♦	❖	♦	❖	♦	❖		♦
Растительность	❖	♦		♦	❖	♦		♦
Фауна	❖	♦						♦
<b>Использование ресурсов</b>								
Вода	❖						♦	❖
Земли	♦			❖	❖			❖
Полезные ископаемые	❖						❖	❖
Растительность	❖				❖			❖
Фауна	❖							❖
<b>Выбросы, сбросы, отходы</b>								
Выбросы	❖	♦				♦	❖	❖
Сбросы	❖	♦				♦	❖	❖
Твердые отходы	❖	♦	♦			❖	♦	❖
Радиоактивные отходы‡	♦	♦	❖					❖
<b>Защита и реабилитация</b>								
Воздух	❖	♦	❖					❖
Вода	❖	♦	❖					❖
Почвы	♦	♦	♦	❖	❖	♦		❖
Растительность	❖	♦			♦	♦		❖
Фауна	♦	♦			❖			❖

Обозначения: ❖ — существенный объем информации; ♦ — ограниченная информация / отдельные вопросы

Сокращения: МПР — Министерство природных ресурсов; ГМ — Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; СЭС — Государственная санитарно-эпидемиологическая служба (Департамент Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения); Зем — Федеральная служба земельного кадастра; С/х — Министерство сельского хозяйства и продовольствия России; Стр — Государственный комитет по строительству и жилищно-коммунальному комплексу; НИИ — отраслевые научно-исследовательские учреждения (в государственной собственности); Стат — Государственный комитет по статистике.

\* Главным образом, строительные нормы и правила.

\*\* Методики, рекомендации, отдельные, как правило, несистематические исследования и т.п.

† Накопление и обобщение данных.

‡ Основной ответственный орган — Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности.

К сожалению, в настоящее время отсутствует полноценный обмен информацией между ведомствами, осуществляющими мониторинг, что во многих случаях приводит к дублированию усилий, снижает эффективность всей системы мониторинга и затрудняет доступ к необходимой информации как для граждан, так и для государственных организаций. В 1993 г. Постановлением Совета Министров — Правительства РФ от 24 ноября 1993 г. № 1229 [2а] было утверждено решение о создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая должна была объединить возможности и усилия различных служб для решения задач комплексного наблюдения, оценки и прогноза состояния среды в Российской Федерации [3].

Предполагалось, что ЕГСЭМ как центр единой научно-технической политики в области экологического мониторинга будет обеспечивать:

- координацию разработки и выполнения программ наблюдений за состоянием окружающей среды;
- регламентацию и контроль сбора и обработки достоверных и сопоставимых данных;
- хранение и анализ информации, ведение специальных банков данных, их согласование, создание межрегиональных сетей и государственной информационной системы с выходом на международные эколого-информационные системы;
- деятельность по оценке и прогнозу состояния объектов окружающей природной среды, природных ресурсов, откликов экосистем и здоровья населения на антропогенное воздействие;
- доступность интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей.

Создаваемая ЕГСЭМ имела иерархическую структуру, как и существующая ОГСНК. В конце 90-х годов работы по созданию ЕГСЭМ велись в основном по ряду региональных проектов. В связи с упразднением Госкомэкологии [4] и длительным реорганизационным периодом работы по ее созданию с июня 2000 г. по июль 2001 г. были приостановлены.

С 2001 г. ЕГСЭМ продолжала развиваться в регионах, где были объединены усилия органов местного самоуправления и охраны природы, приняты законодательные акты по созданию ТСЭМ — территориальных систем экологического мониторинга. В число таких регионов входят Пермская, Иркутская, Свердловская, Самарская области, республики

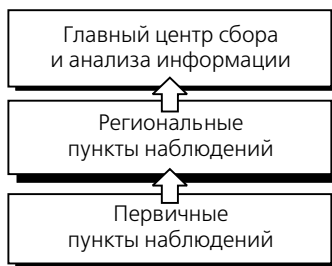


Рис.3. Поток информации в иерархической системе ОГСНК

Татарстан, Саха (Якутия), Чувашия и другие регионы [5]. Постановление, утверждавшее ЕГСЭМ, впоследствии было отменено Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177, в котором сформулированы цели государственного мониторинга, распределены функции между специально уполномоченными федеральными органами исполнительной власти [5а].

В ведении МПР РФ в настоящее время находится ряд функциональных подсистем экологического мониторинга, включая мониторинг состояния недр, водных объектов, лесов, животного и растительного мира. К числу основных функций МПР, кроме осуществления государственного мониторинга, относится координация «деятельности федеральных органов исполнительной власти по организации и осуществлению экологического мониторинга», а также обеспечение «совместимости информационных систем и баз данных о состоянии окружающей среды» [5].

Работы в области развития государственной системы мониторинга продолжаются, в том числе, при участии международных организаций. Основные направления включают гармонизацию принципов нормирования, наблюдения, сбора, интерпретации и обеспечения доступа заинтересованных сторон к информации о состоянии окружающей среды и об источниках воздействия.

### *Регламентация государственных наблюдений в сети Росгидромета*

Система наблюдений в рамках государственного экологического мониторинга регламентируется самым строгим образом. Список параметров состояния окружающей среды, определяемых государственными службами, четко установлен, так же как требования к используемым средствам и методам измерений, частоте отбора проб и др.

В системе Росгидромета за качеством атмосферного воздуха населенных пунктов ведутся наблюдения со стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постов. На стационарных постах устанавливаются павильоны типа «Пост-1», «Пост-2», «Воздух», оснащенные аппаратурой для отбора проб и приборами для определения метеорологических параметров. Для постов наблюдений в соответствии с **ГОСТом 17.2.3.07-86. Правила контроля воздуха населенных пунктов** [6] установлены четыре программы наблюдений: полная (ежедневные наблюдения в 1, 7, 13 и 19 часов с получением информации о среднесуточных и разовых концентрациях вредных веществ), неполная (ежедневные наблюдения в 7, 13 и 19 часов с получением информации о разовых концентрациях вредных веществ), сокращенная (наблюдения в 7 и 13 часов при температуре воздуха ниже — 45° С в местах, где содержание примесей низкое) и суточная (непрерывный отбор проб для определения сред-

несуточных концентраций вредных веществ). Методы пробоотбора и анализа детально описаны и регламентированы соответствующим руководством [7]. Выбор исследуемых компонентов осуществляется в зависимости от состава и количества выбросов, класса опасности загрязняющих веществ, характерного размера города, рассеивающей способности атмосферы конкретного района. При незначительных объемах выбросов, когда приземные концентрации близки к фоновым, наблюдения можно не проводить.

---

В городе с миллионным населением, где расположено производство, использующее большие количества ртути, программа поста Росгидромета не включала наблюдений за этим вредным веществом. По всей вероятности, программа была сформирована с учетом декларированного еще в 60-е годы рассеяния ртути исключительно в пределах промплощадки предприятия, и сегодня использующего ртуть в технологическом процессе. В то же время соединения ртути являлись и являются типичными для городской среды и особо опасными загрязняющими веществами.

---

Порядок организации и проведения наблюдений за состоянием поверхностных вод определен ГОСТом 17.1.3.07-82 **Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков** [8] и соответствующими методическими указаниями. Разработанная система предусматривает согласованную программу работ по гидрологии, гидрохимии и гидробиологии. Пункты наблюдений устанавливаются в зависимости от хозяйственного значения водных объектов, их размеров и экологического состояния. Периодичность наблюдений определяется категорией пункта.

Пункты наблюдений первой и второй категорий устанавливаются в крупных городах, в районах повторяющихся аварийных сбросов и высокой загрязненности. Пункты третьей категории устанавливаются в районах расположения городов с населением менее 0,5 млн. человек (большая часть населения России проживает в малых городах), в замыкающих створах больших и средних рек и водоемов, в районах организованного сброса сточных вод, где наблюдается систематическая загрязненность воды по одному или нескольким ингредиентам (показателям).

Наблюдения за уровнем загрязнения почв носят, как правило, экспедиционный характер и выполняются в соответствии с требованиями ГОСТа 17.4.4.02-84 **Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анали-**



за [9] на определенных площадях по регулярной сети опробования, на ключевых участках, характеризующих типичные сочетания природных условий и антропогенного воздействия, на отдельных почвенно-геохимических профилях.

Унифицированная и строго регламентированная система определяет сопоставимость данных, получаемых в сети мониторинга. Однако, в ряде случаев это приводит к тому, что выполняются анализы, результаты которых не имеют особой практической ценности, в то время как реальные проблемы могут остаться вне поля зрения службы мониторинга. В соответствии с нормативами можно использовать только стандартизованные методики, а выполнять анализы — в аккредитованных лабораториях. Это обязательно следует иметь в виду и при организации общественного экологического мониторинга (см. раздел *Выбор методов и оборудования*).

# Нормирование качества окружающей среды

## Основные понятия, определения и структура системы нормирования

Приведенные в этом разделе сведения, вероятно, покажутся многим читателям знакомыми. Однако опыт работы по программам экологического мониторинга, да и просто анализ разнообразных отчетов и статей свидетельствует о том, что часто именно недопонимание системы нормирования приводит к появлению досадных ошибок в интерпретации интересного фактического материала.

В соответствии с природоохранительным законодательством Российской Федерации **нормирование** в области охраны окружающей среды осуществляется в целях государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности [2, ст. 19]. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» определяет негативное воздействие как «воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды» [2, ст. 1]. Следует отметить, что такое понимание термина «воздействие» отличается от общепринятого в международной практике, где под воздействием на окружающую среду понимают «любое отрицательное или положительное *изменение* в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом деятельности организации, ее продукции или услуг». Отметим, однако, что последнее определение привнесено уже и в отечественные нормативные документы [10].

Определенная подобным образом цель нормирования реализуется путем установления ограничений (нормативов) как на сами источники воздействия, так и на факторы среды, отражающие и характеристики воздействия, и отклики экосистем.

В отношении истории развития нормирования верен принцип антропоцентризма: значительно ранее прочих были установлены нормативы приемлемых для человека условий среды (прежде всего, производственной). Тем самым было положено начало работам в области **санитарно-гигиенического нормирования\***.

\* В настоящее время система нормирования воздействия на окружающую среду активно пересматривается, в том числе и в связи с принятием Федерального >

Однако человек — не самый чувствительный из биологических видов, и принцип «Защищен человек — защищены и экосистемы», вообще говоря, неверен. **Экологическое нормирование** предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему. **Допустимой** считается такая нагрузка, *под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды* [1]. В настоящее время в России действуют нормативы, регламентирующие воздействие на сообщества водоемов рыбохозяйственного назначения, известны некоторые попытки учета нагрузки для растений суши (несколько слов об этом будет сказано в разделах, посвященных нормированию качества воздуха и воды).

Как экологическое, так и санитарно-гигиеническое нормирование основано на знании эффектов, оказываемых разнообразными факторами воздействия на живые организмы. Эти факторы могут иметь физическую (радиация, электромагнитные излучения и пр.), химическую и биологическую природу. Одним из важных понятий в токсикологии и в нормировании является понятие вредного вещества\*. В специальной литературе принято называть **вредными** все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Нормативы разработаны лишь для наиболее распространенных веществ (порядка двух тысяч из огромного множества) [11–15]. Кроме того, как правило, все **ксенобиотики** (чужеродные для живых организмов, искусственно синтезированные вещества) рассматривают как вредные. Для большинства из них нормативы не установлены.

Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции пороговости воздействия. **Порог вредного действия** — это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме могут возникнуть изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Пороговая доза вещества (или пороговое действие вообще) может вызывать у организма отклик, который не компенсируется за счет механизмов поддержания внутреннего равновесия организма.

Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпи-

---

> Закона «Об основах технического регулирования в РФ» [10а]. Предлагаемый читателю текст отражает состояние системы нормирования на момент подготовки этой книги.

\* Дальнейшее изложение посвящено нормированию воздействия химических факторов (вредных веществ). Вопросы нормирования воздействия радиационных факторов рассматриваются в специальном разделе.

демиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов [16]. В основе санитарно-гигиенического нормирования лежит понятие предельно допустимой концентрации.

**Предельно допустимые концентрации (ПДК)** — нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства [16].

Таким образом, санитарно-гигиеническое нормирование охватывает все среды, различные пути поступления вредных веществ в организм, хотя редко учитывает **комбинированное действие** (при одновременном или последовательном действии нескольких веществ при одном и том же пути поступления) и не учитывает эффектов **комплексного воздействия**, (когда вредные вещества поступают в организм различными путями — с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы), а также **сочетания воздействий** различной природы (физических, химических, биологических).

Существуют ограниченные перечни веществ, обладающих комбинированным действием при их одновременном содержании в атмосферном воздухе. Эти перечни находят применение при установлении соответствующих научно-технических нормативов (величин ПДВ, размеров санитарно-защитной зоны).

По мере накопления наших знаний о безопасности или опасности тех или иных веществ значения предельно допустимых концентраций для некоторых веществ изменяются. Достаточно вспомнить о том, что в 50-е годы ДДТ считался одним из безопасных для человека инсектицидов и широко рекламировался для использования в быту. Для веществ, о действии которых не накоплено достаточной информации, могут устанавливаться **временно допустимые концентрации (ВДК)** — полученные расчетным путем нормативы, рекомендованные для использования сроком на 2-3 года\*.

Разработка санитарно-гигиенических нормативов находится в ведении Департамента Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения. Списки установленных величин ПДК и других нормативов публикуются в специальных сборниках санитарных норм и правил (СанПиН) [7, 11-12].

Отметим, что в литературе встречаются и другие характеристики загрязняющих веществ. Под **токсичностью** понимают способность веществ

---

\* Для ВДК в воздухе и воде употребляется также термин ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ), а для ВДК в почве — ориентировочная допустимая концентрация (ОДК).

вызывать нарушения физиологических функций организма, что, в свою очередь, приводит к заболеваниям (интоксикациям, отравлениям) или, в тяжелых случаях, к гибели. Фактически, токсичность — мера несовместимости вещества с жизнью [17].

Степень токсичности веществ принято характеризовать **величиной токсической дозы** — количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность [17].

Различают среднесмертельные ( $LD_{50}$ ), абсолютно смертельные ( $LD_{100}$ ), минимально смертельные ( $LD_{0-10}$ ) и др. дозы. Цифры в индексе отражают вероятность (%) появления определенного токсического эффекта, в данном случае, — смерти в группе подопытных животных. Следует иметь в виду, что величины токсических доз зависят от путей поступления вещества в организм [18]. Доза  $LD_{50}$  (гибель половины подопытных животных) дает значительно более определенную в количественном отношении характеристику токсичности, чем  $LD_{100}$  или  $LD_0$ . В зависимости от вида животных, выбранных для тестирования, условий поступления токсикантов, порядок расположения веществ на шкале токсичности и токсические дозы могут меняться. Поэтому величина токсической дозы не используется в системе нормирования. В системах ПДК указывается только класс вредности вещества, в том числе токсикологический.

Говоря о других недостатках системы санитарно-гигиенического нормирования, следует подчеркнуть, что она не указывает, какое именно воздействие на живые организмы будет иметь место, если реальная концентрация в объектах окружающей среды превысит предельно допустимую величину. Концепция ПДК не учитывает также, что для некоторых веществ существует минимальный порог, ниже которого ощущается недостаток вещества в среде обитания, что может оказывать существенное влияние на живущие в ней организмы.

В некоторых природных объектах, находящихся в близком к естественному (фоновому) состоянии, ряд веществ уже присутствует в концентрациях, превышающих ПДК. Мы уже обращались к «Естественной истории» Плиния, который, вероятно, одним из первых описал биогеохимические провинции — территории, где свойства природных сред и организмов отличаются от характерных свойств географической зоны. Такая ситуация прослеживается для рудных аномалий, нефтеносных районов, для территорий распространения торфяников и т.п. В этих случаях оценка качества природной воды, практически не испытывающей антропогенного воздействия, по критериям ПДК приводит к ошибочным выводам.

Следует также отметить, что устойчивость организмов (в т.ч. человека) к воздействию веществ различается в зависимости от региона или зоны,

что связано не только с климатическими особенностями, но и другими факторами среды, например, гидрохимическими свойствами используемой воды: минерализацией, буферностью и т.п. В частности, адаптированность к фоновому уровню концентраций металлов, очевидно, наследственно закреплена в поколениях.

Наконец, предельно допустимые концентрации, как правило, относятся к валовому содержанию, хотя многие вещества присутствуют в окружающей среде в различных формах. Например, в водных объектах многие тяжелые металлы, большинство которых являются токсикантами, присутствуют и в форме ионов, и в связанном состоянии с органическими веществами природных вод и т.д. Эти комплексные формы обычно менее токсичны, чем ионная.

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность напрямую. Однако они используются при установлении **научно-технических нормативов** — требований, предъявляемых собственно к источникам воздействия. К научно-техническим нормативам относятся нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС), образования отходов и лимиты их размещения, а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране окружающей природной среды. В основу научно-технического нормирования положен следующий принцип: при условии соблюдения нормативов всеми предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования [19, 20].

Этот принцип трудно реализовывать в тех случаях, когда и без вклада предприятия загрязнение среды значительно. Например, если в водоеме, используемом для производственных целей, содержание загрязняющих веществ исходно близко к величинам соответствующих ПДК или даже превышает их. Такие ситуации встречаются даже на фоновых участках, как уже было отмечено выше.

**Научно-техническое нормирование** означает введение ограничений деятельности хозяйственных объектов в отношении источников воздействия на окружающую среду. В том числе, определяются предельно допустимые потоки вредных веществ, которые могут поступать от источников воздействия в воздух, воду, почву. Таким образом, от предприятий требуется не собственно обеспечение тех или иных ПДК, а соблюдение пределов выбросов и сбросов вредных веществ, установленных для объекта в целом или конкретных источников, входящих в его состав. Зафиксированное превышение величин ПДК в окружающей среде *само по себе* не является нарушением со стороны предприятия, однако служит сигналом, что нужно более детально разобраться с тем, как предприятие выполняет установленные научно-технические нормативы (а в ряде случа-

ев свидетельствует о необходимости тщательного анализа ситуации, чтобы понять, какие нормативы следует пересмотреть).

Законодательные основы научно-технического нормирования определены Постановлением Правительства РФ от 3 августа 1992 г. № 545 «Порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов» в редакции Постановления Правительства РФ от 16.06.2000 № 461.

## Нормирование качества воздуха

Под **качеством атмосферного воздуха** понимают *совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом* [21].

Нормативами качества воздуха определены допустимые пределы содержания вредных веществ как в **производственной** (предназначенной для размещения промышленных предприятий, опытных производств научно-исследовательских институтов и т.п.), так и в **селитебной** зоне (предназначенной для размещения жилого фонда, общественных зданий и сооружений) населенных пунктов. Основные термины и определения, касающиеся показателей загрязнения атмосферы, программ наблюдения, поведения примесей в атмосферном воздухе определены **ГОСТом 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения** [14].

**Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны** (ПДК<sub>рз</sub>) — концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа\* в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений [18]. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Как следует из определения, ПДК<sub>рз</sub> представляет собой норматив, ограничивающий воздействие вредного вещества в рабочем помещении. Недопустимо сравнивать уровни загрязнения жилой зоны с установленными ПДК<sub>рз</sub>, а также говорить о ПДК в воздухе вообще, не уточняя, о каком нормативе идет речь.

---

\* В настоящее время в России действует 40-часовая рабочая неделя.

**Предельно допустимая концентрация максимально разовая** ( $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ ) — концентрация вредного вещества в воздухе **населенных мест**, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе, субсенсорных) реакций в организме человека [18].

Понятие  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$  используется при установлении научно-технических нормативов — предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ. При этом обязательно, чтобы в результате рассеяния примесей в воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях на границе санитарно-защитной зоны предприятия концентрация вредного вещества в любой момент времени не превышала  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ .

Таблица 3. Соотношение различных видов ПДК в воздухе для некоторых веществ

Вещество	$\text{ПДК}_{\text{ср}}$ , мг/м <sup>3</sup>	$\text{ПДК}_{\text{мр}}$ , мг/м <sup>3</sup>	$\text{ПДК}_{\text{рз}}$ , мг/м <sup>3</sup>
Азота оксид (II)	0,06	0,6	30
Кобальта сульфат	0,0004	0,001	0,005
4-хлоранилин	0,01	0,04	0,30

**Предельно допустимая концентрация среднесуточная** ( $\text{ПДК}_{\text{ср}}$ ) — это концентрация вредного вещества в воздухе **населенных мест**, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании [18]. Таким образом,  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  рассчитана на все группы населения и на неопределенно долгий период воздействия и, следовательно, является самым жестким санитарно-гигиеническим нормативом, устанавливающим концентрацию вредного вещества в воздушной среде. Именно величина  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  обычно выступает в качестве критерия оценки благополучия воздушной среды в жилой зоне. Однако следует отметить, что, к сожалению, в последние годы величины  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  стали своеобразными единицами измерения. В отчетах, обзорах [22-24] загрязнение воздуха описывается перечислениями типа: 5  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  по оксидам азота, 3  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  по формальдегиду, 2  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  по саже. Такой подход не только не способствует адекватной интерпретации информации, но и просто сводит к минимуму ее ценность. С одной стороны, создается иллюзия, что  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  (или любая другая предельно допустимая концентрация) есть просто некоторая особая единица, а не установленный норматив *предельного содержания* вредного вещества; с другой стороны, возникает впечатление, что по-другому описать, оценить, разъяснить особенности загрязнения окружающей среды невозможно. Мы обратимся к этой проблеме в разделе *Экологический монито-*



ринг: кто есть кто, посвященном интерпретации результатов экологических наблюдений.

В Приложении 2 приведены таблицы ПДК<sub>мр</sub> и ПДК<sub>сс</sub> для многих загрязняющих веществ, а также некоторые международные нормативы и стандарты качества атмосферного воздуха (раздел 2.2).

Для сравнительной оценки загрязнения воздушной среды используются различные индексы, которые позволяют учесть присутствие нескольких загрязняющих веществ. Наиболее распространенным является комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Его рассчитывают по формуле:

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{\text{ср},i}}{\text{ПДК}_{\text{сс},i}} \right)^{c_i},$$

где

$q_{\text{ср},i}$  — средняя концентрация  $i$ -ого вещества;

$\text{ПДК}_{\text{сс},i}$  — ПДК<sub>сс</sub> для  $i$ -ого вещества;

$c_i$  — безразмерная константа приведения степени вредности  $i$ -ого вещества к вредности диоксида серы, зависящая от того, к какому классу опасности принадлежит загрязняющее вещество (см. табл. 4).

Таблица 4. Константы приведения вредности для веществ разных классов опасности

Классы опасности	1	2	3	4
Константа $c_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

В зависимости от токсичности все химические соединения подразделяются на 4 **класса опасности** (табл. 5). Учет класса опасности позволяет дифференцированно подходить к обоснованию необходимых профилактических мероприятий (например, к мерам безопасности при работе с различными веществами), а также предварительно оценивать сравнительную опасность воздействия тех или иных веществ на организм человека.

Для сопоставления данных о загрязненности несколькими веществами атмосферы разных городов или районов города комплексные индексы загрязнения атмосферы должны быть рассчитаны для одинакового количества ( $n$ ) примесей. При составлении ежегодного списка городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы для расчета комплексного ИЗА используют значения единичных индексов тех пяти веществ, у которых эти значения наибольшие [3]. В большинстве регионов России к ним относятся взвешенные вещества, оксиды азота, диоксид серы,

Таблица 5. Классы опасности химических соединений в зависимости от характеристик их токсичности

Показатели	Классы опасности			
	I чрезвычайно опасные	II высоко- опасные	III умеренно опасные	IV малоопас- ные
ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	меньше 0,1	0,1-1,0	1-10	больше 10
ЛД <sub>50</sub> при введении в желудок, мг/кг массы тела	меньше 15	15-150	150-5000	больше 5000

бенз(а)пирен, озон, формальдегид, фенолы, свинец и др. Особый вклад в загрязнение вносят взвешенные вещества, которые могут не только представлять собой токсичные соединения, но и адсорбировать на своей поверхности другие токсичные вещества, в т.ч. ксенобиотики, пыли биогенного происхождения, патогенные микроорганизмы, тем самым способствуя вторичному загрязнению атмосферного воздуха.

В последнее время растет число публикаций, описывающих эффекты действия загрязняющих веществ на биоту, в том числе атмосферных примесей — на растительность. Так, установлено, что хвойные породы деревьев, лишайники чувствительнее прочих видов реагируют на присутствие в воздухе кислых газов, в первую очередь, сернистого ангидрида. Некоторые исследователи предлагают установить предельно допустимые концентрации для дикорастущих видов с тем, чтобы использовать эти нормативы при оценке ущерба и ограничении воздействия на особо охраняемые природные объекты. Широкое применение чувствительность растений и животных нашла лишь в биологическом мониторинге (в основном, биоиндикации — см. Приложение 3, а также раздел *Выбор оборудования и методов анализа*). Экологическое нормирование состояния атмосферного воздуха на практике реализовано в незначительной степени. Примеры растений-индикаторов тех или иных загрязнений и сравнительная таблица значений ПДК загрязняющих веществ для человека и растений приведены в Приложении 2.

## Нормирование качества воды

В соответствии с Санитарными правилами и нормами **СанПиН 2.1.4.559-96** [11] *питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.*

Под **качеством воды** в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования; при этом **показатели качества** представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды [25].

По **санитарному признаку** устанавливаются микробиологические и паразитологические показатели воды (число микроорганизмов и число бактерий группы кишечных палочек в единице объема). **Токсикологические показатели** воды, характеризующие безвредность ее химического состава, определяются содержанием химических веществ, которое не должно превышать установленных нормативов. Наконец, при определении качества воды учитываются **органолептические** (воспринимаемые органами чувств) свойства: температура, прозрачность, цвет, запах, вкус, жесткость.

Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения определены Санитарными правилами и нормами **СанПиН 2.1.4.544-96** [12], причем нормируются запах, вкус, цветность, мутность, коли-индекс\*, а также указывается, что содержание химических веществ не должно превышать значений соответствующих нормативов.

Как и для атмосферного воздуха, для воды такими нормативами являются предельно допустимые концентрации (ПДК).

**Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования** (ПДК<sub>в</sub>) — это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования [18].

**Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей** (ПДК<sub>вр</sub>) — это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь, промысловых [18, 25а].

ПДК<sub>вр</sub> в ряде случаев рассматривается как экологический норматив, что не совсем верно. Фактически, ПДК<sub>вр</sub> — это та концентрация вредного вещества в воде, при постоянном воздействии которой выполняются следующие условия:

- не наблюдаются случаи гибели рыб и организмов, служащих для рыб кормом;
- не происходит постепенное исчезновение тех или иных видов рыб, для жизни которых водоем был ранее пригодным, а также замены

---

\* **Коли-индекс** — количественный показатель фекального загрязнения воды или пищевых продуктов. Определяется числом микробов — нормальных обитателей кишечника человека (главным образом кишечной палочки — *Escherichia coli*) в 1 л или 1 кг субстрата.

ценных в кормовом для рыб отношении организмов на малоценные или не имеющие кормового значения;

- не происходит порчи товарных качеств обитающей в водоеме рыбы,
- не происходят изменения, способные в определенные сезоны или в обозримом будущем привести к гибели рыб, замене ценных видов на малоценные или к потере рыбохозяйственной ценности как всего водоема, так и его части.

ПДК<sub>вр</sub> обычно являются более жесткими, чем ПДК<sub>в</sub> (см. табл. 6). Подчеркнем, что речь идет, прежде всего, о рыбном хозяйстве как таковом и о защите потребностей человека, хотя определенные принципы охраны водных экосистем, по всей вероятности, также учитывались при установлении этих нормативов. Впрочем, то, что они установлены для России (в прошлом — для СССР) в целом, а, следовательно, никак не учитывают особенностей физико-географических зон, биогеохимических провинций\*, гидрологического режима и многого другого, свидетельствует в пользу приоритета хозяйственных интересов.

Таблицы ПДК<sub>в</sub>, ПДК<sub>вр</sub>, а также некоторые международные нормативы и стандарты качества воды приведены в Приложении 2 (раздел 2.3).

Как и в случае с атмосферным воздухом, для сравнительной оценки загрязнения водной среды используются различные индексы, которые позволяют учесть присутствие нескольких загрязняющих веществ. Наиболее распространенным является комплексный гидрохимический **индекс загрязнения воды (ИЗВ)**. Его рассчитывают по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{c_i}{\text{ПДК}_i} \right) / n,$$

где

$c_i$  — концентрация компонента (в ряде случаев — значение параметра);

$\text{ПДК}_i$  — установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

Обычно ИЗВ рассчитывают по шести-семи гидрохимическим показателям, в т.ч. обязательно по таким показателям как содержание растворенного кислорода  $[\text{O}_2]$ , водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК<sub>5</sub> (Приложение 5).

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (см. табл 7).

\* **Биогеохимические провинции** — области на поверхности Земли, различающиеся по содержанию (в их почвах, водах и т.п.) химических элементов (или соединений), с которыми связаны определённые биологические реакции со стороны местной флоры и фауны.

Таблица 6. Соотношение различных видов ПДК в воде для некоторых веществ [18]

Вещество	ПДК <sub>вр</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	ПДК <sub>в</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
Ртуть неорганические соединения (по Hg)	0,0001	0,0005
Аммония фторид (по фтору)	0,05	0,7
Триэтанолламин	0,01	1,0

Индексы загрязнения воды сравнивают для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени и т.д.)

В гидрохимической практике используется и метод интегральной оценки качества воды по совокупности находящихся в ней загрязняющих веществ и частоты их обнаружения [26, 26а].

В этом методе для каждого ингредиента на основе фактических концентраций рассчитывают баллы кратности превышения ПДК<sub>вр</sub> —  $K_i$  и повторяемости случаев превышения  $H_i$ , а также общий оценочный балл —  $B_i$ :

$$K_i = \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad H_i = \frac{N_{ПДК_i}}{N_i} \times 100\%, \quad B_i = K_i \cdot H_i,$$

где

$C_i$  — концентрация в воде  $i$ -го ингредиента;

$ПДК_i$  — предельно допустимая концентрация  $i$ -го ингредиента для водоемов рыбохозяйственного назначения [11; 5];

$N_{ПДК_i}$  — число случаев превышения ПДК по  $i$ -му ингредиенту;

$N_i$  — общее число измерений  $i$ -го ингредиента.

Таблица 7. Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Воды	Значения ИЗВ	Классы вод
Очень чистые	До 0,2	1
Чистые	0,2 — 1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0 — 2,0	3
Загрязненные	2,0 — 4,0	4
Грязные	4,0 — 6,0	5
Очень грязные	6,0 — 10,0	6
Чрезвычайно грязные	Более 10	7

Ингредиенты, для которых величина общего оценочного балла больше или равна 11, выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ). Комбинаторный индекс загрязненности (КИЗ) рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. По величине комбинаторного индекса загрязненности устанавливается класс загрязненности воды [3].

$$КИЗ = \sum_{i=1}^n S_i,$$

КИЗ справедлив только при усилении эффекта воздействия при одновременном воздействии нескольких токсичных веществ. Более подробно метод интегральной оценки качества воды описан в Приложении 3.

Помимо описанных выше подходов к нормированию качества водных объектов по гидрохимическим показателям существует и другой подход, основанный на применении биоиндикации. При этом подходе анализируются присутствие и численность организмов определенных видов, обитающих в исследуемой среде, в качестве показателей естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. В России для оценки качества воды на основе гидробиологических показателей наибольшее применение нашел так называемый индекс сапробности водных объектов, а также индексы Вудивисса и Майера (подробнее об этих методах см. в Приложении 3).

Индекс сапробности водоемов рассчитывают, исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне) [27]:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i},$$

где

$s_i$  — значение индивидуального индекса сапробности  $i$ -го гидробионта, которое задается специальными таблицами [28];

$h_i$  — относительная встречаемость индикаторных организмов (в поле зрения микроскопа);

$N$  — число выбранных индикаторных организмов (обычно  $N > 30$ ).

Значение  $s_i$  отражает совокупность физиолого-биохимических свойств гидробионта, обуславливающих его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Таким образом, этот индекс характеризует трофический статус водоема. В соответствии с численным значением  $S$  нормируется качество воды (см. табл. 8).

Следует отметить, что сами по себе интегральные показатели еще не характеризуют уровень антропогенной нагрузки. Высокие значения ИЗВ могут быть обусловлены природными особенностями водосбора — например, наличием подзолистых почв и торфяников, которые обуславли-

Таблица 8. Классы качества вод в зависимости от индексов сапробности

Класс качества	Зоны	Индексы сапробности $s_i$	Классы вод
Очень чистые	ксеносапробная	до 0,50	1
Чистые	олигосапробная	0,50 ÷ 1,50	2
Умеренно загрязненные	$\alpha$ -мезосапробная	1,51 ÷ 2,50	3
Тяжело загрязненные	$\beta$ -мезосапробная	2,51 ÷ 3,50	4
Очень тяжело загрязненные	полисапробная	3,51 ÷ 4,00	5
Очень грязные	полисапробная	> 4,00	6

вают высокое содержание в воде органических веществ (идентифицируемых некоторыми методами исследования как нефтепродукты), высокое природное содержание меди, железа, марганца, низкие значения концентрации растворенного кислорода. В этом случае даже реки с весьма незначительной антропогенной нагрузкой будут отнесены к категориям «чрезвычайно грязные» и «грязные» по индексам загрязнения воды. Так, например, в государственных отчетах характеризуется река Пра, бассейн которой почти полностью лежит в границах охраняемых природных территорий национальных парков «Мещера» и «Мещерский». Антропогенная нагрузка на реку незначительна, а отдельные участки реки даже включены в список водно-болотных угодий, имеющих международное значение как местообитания редких видов водных растений.

Поэтому следует с известной осторожностью относиться к оценкам реальной антропогенной нагрузки по тем показателям, которые основаны на использовании системы ПДК. Эти показатели целесообразно применять для оценки тенденций изменения по времени или при сравнении различных участков одного водного объекта.

Оценку состояния водоема необходимо осуществлять с привязкой к естественному историческому фону. Это означает, что при нормировании показателей качества водных объектов следует устанавливать, когда это возможно, исторические нормы — типичные для всего периода документированных наблюдений интервалы значений исследуемых параметров. При этом вполне вероятно, что в зависимости от масштабов и ландшафтного разнообразия водосбора нормирование таких показателей придется осуществлять отдельно для различных участков. Также при установлении региональных норм необходимо учитывать особенности различных фаз гидрологического режима (половодья, межени, паводков); различные по водности годы (многоводные, средние по водности и маловодные); суточные изменения химического состава воды.

Глубина поиска для установления исторических коридоров значений показателей может составить около 50 лет, так как первые из доступных кадастровых данных химического состава вод относятся к 50-м годам прошлого века. Кроме того, выборочно доступны данные и более раннего периода: ведение государственного водного кадастра в отношении поверхностных вод суши в нашей стране стали осуществлять в 30-е годы XX века, а уже в конце 19-го века стали появляться единичные гидрологические, гидрохимические и гидробиологические описания для некоторых водных объектов. В качестве примера можно привести Труды Косинской биологической станции Московского общества испытателей природы с описанием озер Мещерской низменности, Известия императорского Русского географического общества, содержащие информацию об озерах и болотах Московской и Владимирской губерний.

## Нормирование качества почв

В СССР был установлен лишь один норматив, определяющий допустимый уровень загрязнения почвы вредными химическими веществами — ПДК для пахотного слоя почвы. В результате длительных научных изысканий в России с 15 июня 2003 г. введены новые санитарные правила СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы [29], которые устанавливают требования к качеству почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий, обуславливающие соблюдение гигиенических нормативов при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции (техническом перевооружении) и эксплуатации объектов различного назначения, в том числе и тех, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на состояние почв. Этот документ содержит список нормативов ПДК для почв сельскохозяйственного использования, а для жилых зон — перечень объектов наблюдения и основных показателей оценки санитарного состояния почв населенных мест. В 1999 г. в Институте экологии человека им. Сысина были подготовлены Методические указания по гигиенической оценке качества почвы населенных мест [30], устанавливающие индивидуальные нормативы ПДК<sub>n</sub> для различных типов почв и различных форм содержания загрязняющих веществ в почве.

Основные понятия, касающиеся химического загрязнения почв, установлены ГОСТом 27593-88. Почвы. Термины и определения [13] и [30].

**Предельно допустимая концентрация химического вещества в почве** представляет собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, так как используемые при ее обосновании критерии отражают возможные пути воздействия загряз-



нящего вещества на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Обоснование ПДК химических веществ в почве базируется на 4 основных показателях вредности, устанавливаемых экспериментально:

- **транслокационным**, характеризующим переход вещества из почвы в растение;
- **миграционным водном**, характеризующим способность перехода вещества из почвы в грунтовые воды и водоисточники;
- **миграционным воздушном**, характеризующим переход вещества из почвы в атмосферный воздух;
- **общесанитарном**, характеризующим влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность.

При этом каждый из путей воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания вещества по каждому показателю вредности. Наименьший из обоснованных уровней содержания является лимитирующим и принимается за ПДК [30].

Предельно допустимая концентрация (ПДК) или ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) химических веществ в почве являются основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв химическими веществами.

При загрязнении почвы многими веществами оценка степени опасности загрязнения допускается по наиболее токсичному элементу с максимальным содержанием в почве.

Для использования при экологическом зонировании территории России оценка уровня химического загрязнения почв (в селитебных зонах) как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по двум показателям: коэффициенту концентрации химического вещества ( $K_c$ ) и суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) [3].

$K_c$  определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве ( $C_i$ ) в мг/кг почвы к региональному фоновому ( $C\phi_i$ ):

$$K_c = \frac{C_i}{C\phi_i},$$

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов — загрязняющих веществ и выражен формулой:

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1),$$

где

$n$  — число определяемых суммируемых веществ;

$K_{ci}$  — коэффициент концентрации  $i$ -го компонента загрязнения.

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю  $Z_c$  проводится по оценочной шкале, приведенной в таблице 9.

Оценка загрязненности почв, а вернее грунтов, часто становится предметом исследования при разработке проектов реконструкции и репрофилирования предприятий, при организации строительства в пределах исторических промышленных зон. В этих случаях сравнительный анализ проводят, используя эмпирические значения концентраций различных примесей в грунтах, свидетельствующие о той или иной степени загрязненности. Фактически, в результате этой процедуры инициатор деятельности и специально уполномоченные государственные органы должны принять решение о пригодности площадки для реализации конкретного проекта или, в некоторых случаях, о необходимости очистки и рекультивации почвогрунтов.

В мировом сообществе, в отличие от России и стран СНГ, где чаще всего используется единственный норматив загрязнения почвы — норматив для пахотного слоя, применяется более развернутая система нормирования, позволяющая принимать решения об опасности загрязнения в зависимости от типов использования почв. Так, в Приложении 2 приведены германские нормативы качества для разных ландшафтов, а также

Таблица 9. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) [МУ]

Категории загрязнения почв	Величина $Z_c$	Изменение показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	<16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общего уровня заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	>128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза при беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных).

голландские нормативы, ориентированные на принятие решения о приемлемости хозяйственного использования оцениваемой территории.

## Предельно допустимые концентрации вредных веществ в продуктах питания

При разработке нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в продуктах питания учитываются материалы по токсикологии и гигиеническому нормированию данных веществ в различных объектах природной среды (в воздухе, воде, почве), а также информация о естественном содержании различных химических элементов в пищевых продуктах (см., например, [31]).

**Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДК<sub>пр</sub>)** — это концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека [18].

Санитарно-гигиеническое нормирование загрязненности пищевых продуктов касается, главным образом, пестицидов, а также тяжелых металлов и некоторых анионов (например, нитратов). Значения ПДК<sub>пр</sub> для некоторых хлорорганических соединений приведены в разделе 2.5 Приложения 2.

Отметим, что при интерпретации результатов не следует использовать ПДК<sub>пр</sub> как стандарт, принятый для любых объектов биоты. Изучение миграции, трансформации, накопления вредных веществ в окружающей среде, в трофических сетях (а такие работы выполняются во многих регионах России) не должно быть сведено к сравнению установленных уровней содержания различных примесей в тканях и органах с предельно допустимыми концентрациями в мясных продуктах. Например, описание исследования накопления соединений ртути в тканях чаек (такое было предпринято на юге России) не может заканчиваться выводами о превышении ПДК<sub>пр</sub>. Целесообразнее обращаться к литературным сведениям о накоплении ртути в аналогичных объектах в фоновых и в хорошо изученных загрязненных районах.

В последнее время возрос интерес как покупателей, так и фирм-изготовителей пищевой продукции к размещению на упаковке сведений, характеризующих присутствие разнообразных примесей, происхождение продукта (например, информация о скважине и о районе расположения источника минеральной воды). В некоторых случаях на упаковке помещают даже декларации типа «Экологически чистый продукт» или «Производство не наносит вреда окружающей среде». Подчеркнем, что поня-

тие экологической маркировки много сложнее и предполагает выполнение серьезных исследовательских работ, направленных на оценку жизненного цикла продукции, воздействия на окружающую среду, характерного для процессов производства, потребления и даже размещения соответствующих отходов. Однако, тот факт, что на рынке наметился интерес к информации подобного рода, свидетельствует о вероятности расширения списков разрешенных добавок, ПДК<sub>пр</sub>, а также совершенствования доступа к этим сведениям. Будем надеяться, что и сама концепция экологической маркировки в скором времени получит более адекватное понимание и широкое распространение.

## Нормирование источников воздействия

В соответствии с российским законодательством [2] устанавливаются следующие нормативы допустимого воздействия на окружающую среду:

- нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов;
- нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение;
- нормативы допустимых физических воздействий (количество тепла, уровни шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий);
- нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды;
- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду.

При этом предполагается, что нормативы допустимого воздействия на окружающую среду должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды с учетом природных особенностей территорий и акваторий.

Для хозяйствующих субъектов технологические нормативы (к ним отнесены нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов) разрабатываются в форме проектов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов (ПДС) в водные объекты и предельных нормативов образования и лимитов размещения отходов [19].

**Предельно допустимый выброс (ПДВ)** — масса вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферу в единицу времени. ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы (и для каждой примеси, выбрасываемой этим источником) таким образом, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом

перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создают приземной концентрации, превышающей их ПДК<sub>мр</sub>. Основные значения ПДВ — максимальные разовые — устанавливаются при условии полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы и не должны превышать в любой 20-минутный период времени [3].

Наряду с максимальными разовыми (контрольными) значениями ПДВ (г/с) устанавливаются производные от них годовые значения ПДВ<sub>г</sub> (т/г) для отдельных источников и предприятия в целом с учетом временной неравномерности выбросов, в том числе с учетом планового ремонта технологического и газоочистного оборудования.

Основным нормативом сбросов загрязняющих веществ, установленным в РФ, является **предельно допустимый сброс (ПДС)** — масса нормируемого вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению хозяйствующим субъектом в установленном режиме в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе. ПДС — предел по расходу сточных вод и концентрации содержащихся в них примесей — устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования (в зависимости от его вида), ассимилирующей способности водного объекта, перспектив развития региона и оптимального распределения массы загрязняющих веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды [3]. Величина ПДС должна гарантировать достижение установленных норм качества воды (санитарных или рыбохозяйственных) при наихудших гидрологических условиях для разбавления в конкретном водном объекте.

ПДВ и ПДС устанавливаются для каждого источника загрязнения и каждого вида примеси. Расчет ПДВ и ПДС проводится на основе утвержденных методик с учетом рассеяния (разбавления), вклада других источников, перспектив развития (проектируемых источников) и т.д.

При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние водных объектов, используемых для *хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых* целей, нормы качества поверхностных вод (ПДК<sub>в</sub> или их природный состав и свойства в случае природного превышения этих норм) должны выдерживаться на водотоках, начиная со створа, расположенного в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.) вплоть до самого места водопользования, а на водоемах — на акватории в радиусе 1 км от пункта водопользования. Ближайшие пункты водопользования определяются органами санитарно-эпидемиологической службы.

При сбросе сточных вод или других видах хозяйственной деятельности, влияющих на состояние *рыбохозяйственных* водотоков и водоемов, нормы качества поверхностных вод (ПДК<sub>вр</sub> или их природный состав и свойства в случае природного превышения этих норм) должны соблюдаться на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, определяемого в каждом конкретном случае специально уполномоченными органами, но не далее, чем 500 м от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод (мест добычи полезных ископаемых, производства работ на водном объекте и т.п.).

Если сточные воды отводятся в водный объект в черте населенного пункта, то в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод» нормативные требования относятся к самим сточным водам. При этом следует руководствоваться тем, что использование водных объектов в черте населенных мест относится к категории коммунально-бытового водопользования.

В тех случаях, когда предприятие аргументированно обосновывает временную невозможность достижения расчетных значений ПДВ и ПДС, устанавливаются нормативы **временно согласованных выбросов (ВСВ) и временно согласованных сбросов (ВСС)** на период до пяти лет. Одновременно должны быть разработаны и планомерно реализуемы программы поэтапного снижения показателей выбросов и сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ или ПДС соответственно. В тех случаях, когда достижение величин ПДВ или ПДС экономически невыгодно или физически невозможно для предприятия, срок действия разрешенных ВСВ и ВСС продлевается несколько раз, обычно при условии некоторого постепенного снижения уровня загрязнения.

Нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение устанавливаются в целях предотвращения их негативного воздействия на окружающую среду. При этом лимитирование **размещения твердых промышленных отходов** осуществляется на основании «Временных правил охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в РФ». Подчеркнем, что организованное размещение отходов — это регламентированные и осуществляемые в соответствии с установленными нормами и правилами процессы выделения, концентрирования, сбора, транспортировки, накопления, временного хранения отходов, предусматривающего возможность их дальнейшего использования, переработки или ликвидации, захоронения [32].

В последние годы, после принятия Водного кодекса РФ в 1995 г. [33], был предложен другой подход в нормировании, основанный на установлении нормативов **предельно допустимых вредных воздействий (ПДВВ)** на водные объекты. Особенность подхода заключается в том, что предлага-

ется нормировать не только поступление вредных веществ, но и другие факторы антропогенного воздействия, которые негативно влияют на окружающую среду: регулирование режима стока на гидротехнических сооружениях, наносящее ущерб нерестилищам и разрушающее берега; поступление тепла со сточными водами; безвозвратные изъятия воды (например, на полив в сельском хозяйстве) и др. Основной принцип установления норматива ПДВВ — нанесение ущерба окружающей среде. Норматив предполагается устанавливать с учетом фонового состава воды, а также всех источников воздействия, в том числе диффузных [19, 20].

Заметим, что рассредоточенные (диффузные) источники являются очень важным фактором загрязнения. К их числу относятся сельскохозяйственные угодья, ливневый сток с поверхности населенных пунктов, промплощадок, дорог и пр. Расчеты показывают, что на населенных, хозяйственно освоенных территориях диффузный сток составляет основную долю загрязнения. К тому же диффузные стоки, как правило, не контролируются и не учитываются. Эти источники загрязнения могут стать важными объектами исследования общественного экологического мониторинга.

Общественный экологический мониторинг может также решать задачи оценки соответствия деятельности предприятия установленным значениям научно-технических нормативов путем определения концентраций загрязняющих веществ в соответствующих средах. Например, отслеживать содержание примесей в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны или в воде в контрольных створах.

## Нормирование в области радиационной безопасности

### *Основные понятия и определения*

В природе существует три основных вида радиоактивного излучения: альфа, бета и гамма [15].

**Гамма-излучение** представляет собой электромагнитное излучение высокой энергии и обладает наибольшей проникающей способностью. Соответственно, защита от внешнего гамма-излучения представляет наибольшие проблемы.

**Бета-излучение** — это поток электронов. Оно обладает небольшой проникающей способностью и защититься от него при внешнем источнике сравнительно легко. Например, бета-частицы задерживаются не-

поврежденной кожей. Максимальную опасность представляют бета-активные радионуклиды, попавшие в организм.

**Альфа-излучение** представляет собой поток ядер гелия, это положительно заряженные массивные частицы (по сравнению с относительно легкими электронами). Этот вид излучения легко поглощается любой средой. Защититься от него можно буквально листом бумаги. Однако, как и в случае с бета-излучением, опасность представляют альфа-излучатели, попавшие внутрь организма.

Процесс радиоактивного распада сопровождается излучением одного или нескольких видов. В соответствии с тем, какой вид излучения характерен для радиоактивного распада данного изотопа, выделяют гамма-активные изотопы (например, цезий-137), бета-излучатели (например, стронций-90) и альфа-излучатели (например, большинство изотопов плутония).

Количественной характеристикой источника излучения служит **активность**, выражаемая числом радиоактивных превращений в единицу времени. В Международной системе единиц СИ единицей активности является беккерель (Бк) — 1 распад в секунду ( $\text{с}^{-1}$ ). Иногда используется внесистемная единица — кюри (Ки), соответствующая активности 1 г радия. Соотношение этих единиц определяется следующей формулой:  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

Интенсивность альфа- и бета-излучения может быть охарактеризована активностью на единицу площади ( $\text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ ). Интенсивность гамма-излучения характеризуется мощностью экспозиционной дозы.

**Экспозиционная доза** измеряется по ионизации воздуха и равна количеству электричества, образующегося под действием гамма-излучения в 1 кг воздуха. В Международной системе единиц экспозиционная доза выражается в кулонах на кг (Кл/кг).

Весьма распространена также внесистемная единица экспозиционной дозы — рентген. Это доза гамма-излучения, при которой в  $1 \text{ см}^3$  воздуха при нормальных физических условиях (температура  $0^\circ \text{C}$  и давление 760 мм рт. ст.) образуется  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов, несущих одну электростатическую единицу количества электричества.

Мощность экспозиционной дозы отражает скорость накопления дозы и выражается в Кл/кг·с (в СИ) или Р/ч (во внесистемных единицах).

Наиболее адекватный способ описания степени радиоактивного загрязнения местности — это плотность загрязнения, представляющая собой активность на единицу площади (с учетом изотопного состава). Однако этот способ весьма трудоемок и требует проведения лабораторных анализов, поэтому далеко не всегда может быть использован для оперативной оценки. Обычно такая оценка проводится с помощью методов полевой дозиметрии.



Используемые приборы, методы и единицы измерения зависят от типа загрязнения. Мерой загрязнения гамма-излучателями является мощность экспозиционной дозы; бета-загрязнение характеризуется плотностью потока бета-частиц. Оценка степени загрязнения альфа-излучателями в полевых условиях невозможна.

Населению, как правило, в качестве характеристики загрязнения сообщается (в т.ч. и через средства массовой информации) только мощность экспозиционной дозы. Эта величина, однако, является лишь одной из характеристик радиационной ситуации. Существует множество искусственных радиоактивных изотопов, которые практически не испускают гамма-квантов, но при этом являются опасными источниками излучения. Мощность экспозиционной дозы, определяемая при помощи гамма-дозиметра, не может отразить степени загрязнения такими изотопами.

---

---

Как правило, при техногенном загрязнении в окружающую среду поступает смесь радионуклидов, среди которых есть все типы излучателей. Поэтому в первом приближении степень опасности может быть оценена по уровню гамма-фона. Тем не менее, в ряде случаев такая оценка неприменима. Если в сбросах предприятия содержатся, главным образом, бета-излучающие радионуклиды, то радиационная ситуация не может быть охарактеризована через величину экспозиционной дозы даже на качественном уровне. Например, загрязнение рукава реки Т., в который осуществляется сброс с химического комбината С., характеризуется весьма высокими уровнями бета-излучения, в то время как гамма-фон, в основном, близок к нормальному

---

---

### *Система нормирования в области радиационной безопасности*

Система нормирования в области радиационной безопасности строится на понятии дозовой нагрузки, в соответствии с **Федеральным Законом «О радиационной безопасности населения»** [34] и **«Нормами радиационной безопасности НРБ-96»** [35].

Оба документа служат для обеспечения радиационной безопасности человека. Экологических нормативов, устанавливающих допустимые воздействия на экосистемы, в области радиационной безопасности не существует.

В системе нормирования используются следующие основные понятия [15].

**Поглощенная доза** — фундаментальная дозиметрическая величина, определяемая количеством энергии, переданной излучением единице массы вещества.

За единицу поглощенной дозы облучения принимается грей (Джоуль на килограмм) — поглощенная доза излучения, переданная массе облучаемого вещества в 1 кг (1 Гр = 1 Дж/кг) и измеряемая энергией в 1 Дж любого ионизирующего излучения (1 Гр=1 Дж/кг).

**Эквивалентная доза.** Поскольку поражающее действие ионизирующего излучения зависит не только от поглощенной дозы, но и от ионизирующей способности излучения, вводится понятие эквивалентной дозы. Для расчета эквивалентной дозы поглощенную дозу умножают на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма. При этом альфа-излучение считается в двадцать раз опаснее других видов излучений.

Единицей эквивалентной дозы является Зиверт — доза любого вида излучения, поглощенная биологической тканью массой в 1 кг и создающая такой же биологический эффект, как и поглощенная доза фотонно-го излучения в 1 Гр.

**Эффективная эквивалентная доза.** Разные органы человека имеют различную чувствительность к радиационным повреждениям. Поэтому дозы облучения органов и тканей учитываются с различными коэффициентами. Эффективная эквивалентная доза отражает суммарный эффект облучения для организма и измеряется в Зивертах [36, 15].

В соответствии с НРБ-99 [35] устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (подразделяемый на группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

В условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения установлены дозовые пределы для различных групп (табл. 10).

Таблица 10. Основные дозовые пределы

Нормируемые величины	Дозовые пределы	
	лица из персонала (группа А)	лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в:		
хрусталике	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

На основе Норм радиационной безопасности (НРБ-99), которые устанавливают допустимые уровни воздействия радиации на человека, разрабатываются нормативные документы, регламентирующие порядок обращения с различными источниками ионизирующего излучения, подходы к защите населения от радиации и т.п. В настоящее время действуют **Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87** [37], которые содержат требования

- по обеспечению радиационной безопасности персонала учреждений и населения, а также по охране окружающей среды от загрязнения радиоактивными веществами;
- по учету, хранению и перевозке источников ионизирующего излучения;
- по сбору, удалению и обезвреживанию твердых и жидких радиоактивных отходов.

Тем, кто интересуется воздействием радиации на человека, будет интересно ознакомиться с работами «Радиация: дозы, эффекты, риск» [15], Джона Гофмана [38, 39], а также с публикациями Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) и др. [40-42].

# Экологический мониторинг: кто есть кто

## Области применения негосударственных видов мониторинга

Как уже было отмечено, осуществление экологического мониторинга в Российской Федерации входит в обязанности различных государственных служб. Поэтому сведения о состоянии объектов окружающей среды, источниках воздействия распределены по различным ведомствам, что затрудняет их использование, особенно общественными организациями. Ситуацию усугубляют и происходящие в последние годы частые перестройки министерств и ведомств на федеральном уровне, а также изменения в системе регионального управления.

В настоящее время на **региональном** уровне экологический мониторинг и/или контроль обычно проводит ряд организаций, в том числе:

- региональный специально уполномоченный орган в области охраны окружающей среды и природопользования в структуре Министерства природных ресурсов и соответствующее окружное управление (наблюдения и контроль за выбросами и сбросами действующих предприятий, размещением твердых отходов; геологические и гидрогеологические наблюдения). В рамках МПР РФ активно развивается также система наблюдения за состоянием окружающей среды; в ряде регионов профессиональный потенциал и аналитическая база сосредоточены в структурах именно этого ведомства (например, в Свердловской, Ростовской, Московской областях);
- региональный орган по охране окружающей среды Администрации области/республики (прежде всего, наблюдения и контроль за выбросами и сбросами действующих предприятий);
- региональный орган по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (импактный, региональный и фоновый мониторинг);
- региональное отделение санитарно-эпидемиологической службы Минздрава (состояние рабочих, селитебных и рекреационных зон, качество питьевой воды и продуктов питания);
- предприятия, осуществляющие выбросы и сбросы в окружающую среду (наблюдение и контроль за собственными выбросами и сбросами, твердыми отходами);

- различные ведомственные структуры (подразделения Минсельхозпрода, МЧС, Минэнерго, предприятия водно-канализационного хозяйства и проч.)

Для того, чтобы эффективно использовать сведения, полученные государственными службами, важно точно знать функции каждого из них в области экологического мониторинга (табл. 2).

В системе государственного экологического мониторинга задействованы мощные профессиональные силы. Нужны ли еще другие виды экологического мониторинга? Есть ли для них место в общей системе мониторинга, существующей в Российской Федерации?

---

В системе **Росгидромета** наблюдения за загрязнением атмосферы проводятся регулярно в 225 городах и населенных пунктах Российской Федерации на 618 стационарных постах. В большинстве городов измеряются концентрации от 5 до 25 веществ.

Наблюдениями за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям охвачены 1195 водных объектов. Отбор проб ведется на 1716 пунктах (2390 створах) по физическим и химическим показателям с одновременным определением гидрологических показателей. Гидробиологические наблюдения производятся в 6 гидрографических районах на 107 водных объектах по 183 створам. Программа наблюдений включает от 2 до 6 показателей.

Пункты сети наблюдений за загрязнением почв расположены на сельскохозяйственных угодьях (полях), в отдельных лесных массивах, зонах отдыха и прибрежных зонах.

Также ведутся наблюдения за химическим составом и кислотностью осадков, снежного покрова. Наблюдения за радиационной обстановкой осуществляются на стационарных постах [5].

---

Чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим, кроме регионального, другие уровни экологического мониторинга, принятые в России (рис. 4).

Основная задача **импактного** мониторинга — накапливать и анализировать детальную информацию о конкретных источниках загрязнения и их воздействии на окружающую среду. Однако в настоящее время сведения о деятельности предприятий и о состоянии среды в зоне их воздействия по большей части представляются в усредненном виде (в виде форм государственной статистической отчетности) и основаны на заявлениях самих предприятий. Предприятия в большинстве случаев проводят регулярные измерения только в источниках воздействия; наблюдения контролирующих органов за состоянием локальной окружающей среды не-

многочисленны и дополнительно проводятся в основном в случае экологических нарушений с заметными последствиями (например, массовая гибель рыбы, жалобы жителей на резкий запах и плохое самочувствие и т.п.) Большая часть доступных материалов отражает характер рассеяния загрязняющих веществ в воздухе и в воде, установленный с помощью модельных расчетов, и результаты замеров (ежеквартальных — по воде, ежегодных или более редких — по воздуху). Состояние окружающей среды достаточно полно описывается лишь в крупных городах и промышленных зонах.

В последнее время в крупных городах развивается практика информирования населения: краткие сведения о загрязнении воздуха, воды в зонах купания публикуются в газетах, обсуждаются в телепрограммах, размещаются на специальных табло. Обзорную информацию общего характера можно найти в государственных докладах о состоянии окружающей среды Российской Федерации или региональных докладах [5, 23, 43].

И, наконец, существует сеть *фонового* мониторинга, осуществляемого в рамках программы МАВ («Man and Biosphere» — «Человек и биосфера»).

Практически не охваченными сетью наблюдений остаются малые города и многочисленные населенные пункты, а также подавляющее большинство диффузных (неорганизованных, площадных) источников загрязнения. Мониторинг состояния водной среды, организованный, прежде всего, Росгидрометом и, до некоторой степени, санитарно-эпидемиологическими (СЭС) и коммунальными (Водоканал) службами, не охватывает множество малых рек. В то же время известно, что загрязнение больших рек в значительной мере обусловлено вкладом их притоков, а также хозяйственной деятельностью на водосборе. В условиях сокращения общего числа постов наблюдений очевидно, что государство в настоящее время не располагает ресурсами для организации сколько-нибудь эффективной системы мониторинга состояния малых рек.

Таким образом, на экологической карте страны ясно обозначены «белые пятна», где систематические наблюдения не проводятся. Более того, в рамках сети государственного экологического мониторинга отсутствуют предпосылки к их организации в этих местах. Однако именно локальные проблемы в своей совокупности в конечном итоге определяют негативные изменения в состоянии окружающей среды и здоровья людей. Поэтому именно «белые пятна» могут (а часто и должны) стать объектами общественного экологического мониторинга, причем, во многих случаях — во взаимодействии с производственным мониторингом. Практическая ориентация мониторинга, концентрация усилий на местных проблемах в сочетании с продуманной схемой и корректной интерпретацией полученных данных позволяют эффективно использовать имеющиеся у общественности ресурсы. Эти особенности обществен-

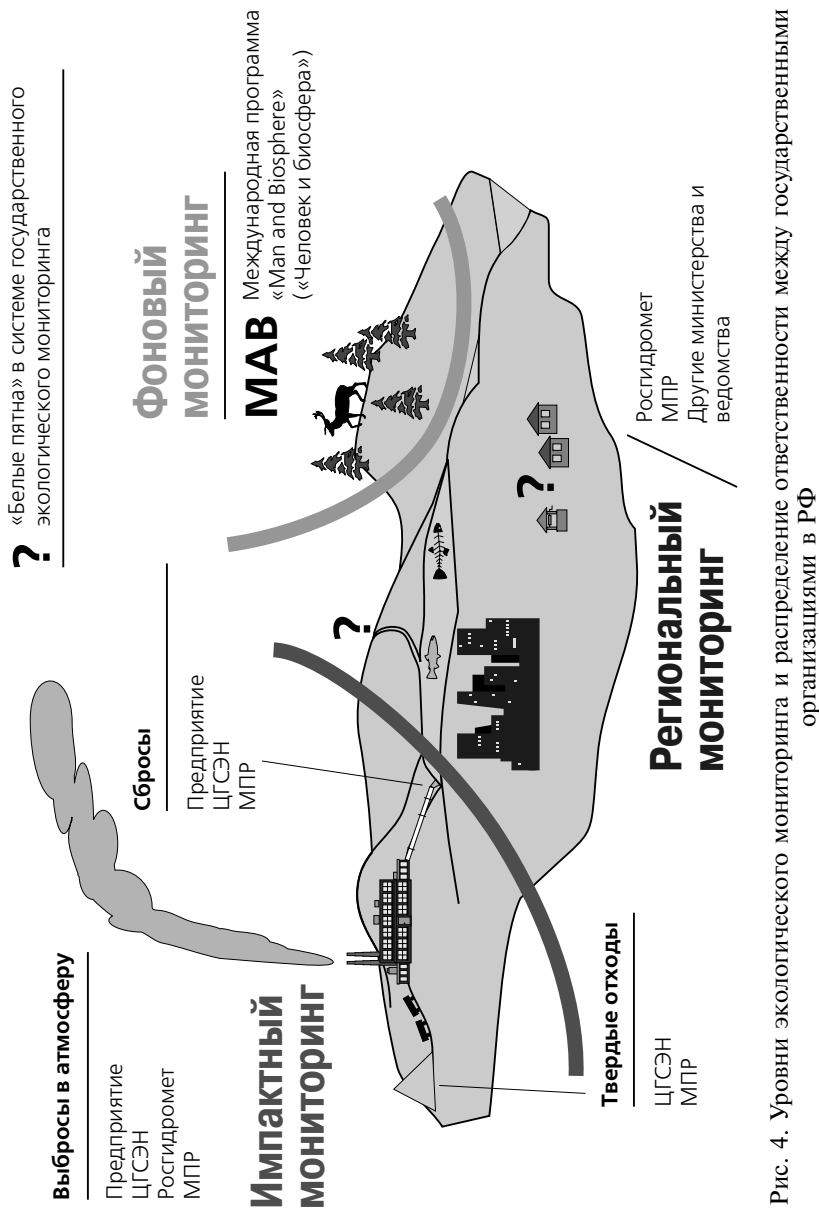


Рис. 4. Уровни экологического мониторинга и распределение ответственности между государственными организациями в РФ

ного мониторинга создают также серьезные предпосылки для организации конструктивного диалога между субъектами хозяйственной деятельности, государственными органами и общественными организациями, представляющими интересы граждан.

При правильной организации деятельности общественный мониторинг выполняет еще и важные социальные функции — образовательную и воспитательную. Исследовательский и познавательный характер такой работы повышает образовательный уровень людей, принимающих в ней участие (независимо от того, дети это или взрослые), улучшает информированность жителей населенного пункта о среде обитания вообще и о конкретном ее состоянии. Понимание происходящих в природе процессов и причин наблюдаемых изменений помогает воспитывать в людях ответственность за качество своей жизни, состояние окружающей среды, формируя тем самым полноценное общество социально активных людей.

Воспитательная функция мониторинга особенно ярко проявляется в проектах, где основное участие принимают дети — наиболее восприимчивая часть нашего общества. Дети любопытны, поэтому занимательная работа на природе с понятным результатом захватывает их и немало способствует процессу их воспитания. Положительное влияние «детских» образовательных и исследовательских проектов на личность ребенка подтверждено на практике многими международными проектами, реализуемыми, в т.ч. и в России. Примером могут служить проекты «Живая вода» в Переславле-Залесском и «Возрождение» в Саратове, осуществленные при финансовой поддержке Министерства международного развития Великобритании (DFID) в рамках Программы малых грантов (SEPS) Британского совета\*.

### *Экологический мониторинг и контроль: аспекты, особенности, взаимосвязь*

Мы уже обсуждали вопросы взаимосвязи экологического контроля и мониторинга. Обобщив, можно сказать, что мониторинг призван накапливать и оценивать информацию, необходимую для принятия контрольных мер. Если принято различать государственный, производственный, муниципальный и общественный контроль в области охраны окружающей среды, то логично предположить, что соответствующая информация может (и должна) быть подготовлена государственными органами (государственный экологический мониторинг), а также самими произ-

---

\* С результатами перечисленных проектов можно познакомиться в печатных изданиях [49-50а] или в сети Интернет по адресу: <http://www.eco-projects.ru/seps/>



водственниками и общественными организациями или органами местного самоуправления (когда существует такая потребность).

Несмотря на то, что в действующем природоохранительном законодательстве понятия производственного и общественного экологического мониторинга не определены, в отличие от прежних лет, эти виды деятельности завоевали весьма серьезные позиции. Задачи мониторинга и контроля успешно сочетаются и выполняются в интересных и многообещающих проектах в области мониторинга водных объектов силами общественных организаций [44, 45, см. также в сети Интернет сайт <http://www.casprwatch.ru>], активно развивается детский экологический мониторинг с организацией оперативного наблюдения за состоянием природных объектов [46-50].

## Производственный экологический мониторинг

Производственный экологический мониторинг — деятельность особенная. Первая ассоциация, которая приходит в голову, — выполнение лабораториями хозяйствующих субъектов регулярных измерений, оценка результатов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на границах санитарно-защитных зон и на промплощадке предприятий и предоставление этих сведений специально уполномоченным органам, а в ряде случаев — общественности. Однако, если вернуться к определению мониторинга, к постановке целей и задач этой деятельности, станет ясно, что наш первый взгляд на возможности предприятий очень узок. Обратимся к российскому законодательству [2].

Статья 67. Производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль).

1. Производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль) осуществляется в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды.

2. Субъекты хозяйственной и иной деятельности обязаны предоставить сведения об организации производственного экологического контроля в органы исполнительной власти и органы местного самоуправления, осуществляющие соответственно государственный и муниципальный контроль в порядке, установленном законодательством.

Спектр задач производственного экологического мониторинга как информационной основы производственного экологического контроля серьезно расширяется. Но дело в том, что контроль как таковой представляет собой лишь одну из функций управления. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [2] уделяет серьезное внимание вопросам государственного управления в области охраны окружающей среды, целям, задачам и порядку его организации. В то же время результативность государственного экологического управления, то есть, в первую очередь, обеспечения реализации федеральной политики в области экологического развития Российской Федерации, в значительной степени зависит от того, как осуществляется деятельность хозяйствующих субъектов.

В этой части в последнее время получили развитие рыночные инструменты экологического регулирования, ориентированные на инициативную деятельность субъектов хозяйствования, в том числе — методы экологического менеджмента.

В самом общем виде экологический менеджмент можно определить как деятельность организаций (преимущественно — хозяйствующих субъектов), направленную на решение задач минимизации воздействия на окружающую среду, на последовательное *улучшение экологических показателей* их деятельности.

Вот, пожалуй, и ключевое словосочетание. Говоря об улучшении экологических показателей деятельности предприятий, мы, прежде всего, должны детально разобраться с тем, какие показатели следует различать, устанавливать, какие ставить задачи по их улучшению, как наблюдать за их изменениями и оценивать эти изменения.

Следовательно, *производственный экологический мониторинг* должен преследовать цель наблюдения, оценки и прогноза изменения выбранных показателей экологической результативности хозяйствующих субъектов. Тем самым эта система будет накапливать информацию, необходимую для постановки и пересмотра целей и задач экологической деятельности предприятий, разработки и реализации экологических программ.

Подходы к совершенствованию экологической результативности организации систематизированы в международных стандартах ISO серии 14000 «Системы экологического менеджмента» [51, 51a]. Предложено выделять три группы показателей:

- показатели результативности деятельности организации;
- показатели результативности менеджмента;
- показатели состояния окружающей среды.

Поясним смысл каждой группы. Показатели результативности деятельности отражают характер потребления сырья, материалов, энергии, типичные потери, образование и выделение загрязняющих веществ (с от-

ходящими газами, сточными водами, отходами) и т.п. Не следует упускать из внимания вклад вспомогательных подразделений, служб управления (например, расходование электроэнергии, воды, бумаги, материалов и пр.)

Показатели результативности менеджмента содержат информацию о действиях руководства, направленных на совершенствование экологической результативности организации. Речь идет о подготовке и вовлечении персонала в экологически значимую деятельность, о разработке и соблюдении процедур, обеспечивающих минимизацию отрицательного воздействия предприятия на окружающую среду, о развитии взаимодействия с заинтересованными сторонами (специально уполномоченными органами, органами местного самоуправления, общественностью). Пожалуй, именно эта группа показателей реже всего используется российскими предприятиями. Но даже здесь можно привести показательные примеры. Так, анализ данных по числу предписаний по устранению экологических нарушений, выданных отделом охраны окружающей среды (ОООС) промышленного предприятия производственным подразделениям, приведенный на рисунке 5, показывает, вкуче с остальными данными, постоянное снижение числа нарушений и налаживание рабочего сотрудничества между ОООС и производственными подразделениями.

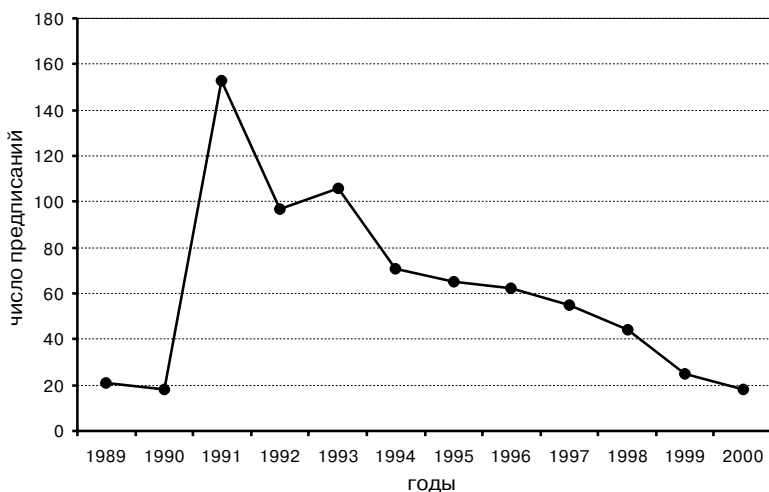


Рис. 5. Число предписаний по устранению экологических нарушений, выданных ОООС промышленного предприятия производственным подразделениям с момента создания ОООС

Последняя группа показателей отражает информацию о состоянии окружающей среды в локальном, региональном, национальном или глобальном масштабах. При этом понятие «региональный» может, например, относиться к области или региону внутри страны. Здесь речь идет, прежде всего, о «портретных» показателях, то есть о тех, которые характерны именно для рассматриваемой организации. Скажем, повышение содержания оксида углерода (II) в воздухе может быть связано и с отклонениями от оптимального режима сжигания топлива на промышленном предприятии, и с возрастанием транспортной нагрузки, и с изменением вида топлива на соседней ГРЭС. В то же время, например, присутствие бутилацетата в воздухе в зоне влияния цеха окраски автомобилей, скорее всего, можно принять в качестве показателя состояния окружающей среды, отражающего деятельность этой компании, если она использует краски с растворителями, содержащими бутилацетат. Специалисты предприятия располагают всеми необходимыми внутренними (технологическими) данными для разработки специфических, «портретных» показателей состояния окружающей среды, а специально уполномоченные органы могут предоставить необходимые сведения о типичных уровнях загрязнения природных сред в регионе, в зоне размещения конкретных объектов и т.п.

Мы еще вернемся к обсуждению этой группы показателей, так как на практике именно она привлекает внимание большинства общественных организаций, заинтересованных в развитии наблюдений за состоянием окружающей среды на локальном уровне. Примеры показателей результативности, разработанных для различных целевых аудиторий, приведены в таблице 11.

Таблица 11. Пример выбора показателей результативности

Показатели	Целевая аудитория
Общее количество загрязняющих веществ, выброшенных в воздух	Местное население, общественные организации
Концентрация определенного загрязняющего вещества в сточных водах	Контролирующая организация (органы МПР РФ)
Количество загрязняющих веществ, выброшенных в воздух на единицу выпущенной продукции	Менеджеры компании, потребители, партнеры, общественность
Сокращение ежеквартального энергопотребления на единицу затрат на техническое перевооружение	Менеджеры компании, инвесторы

В целом, показатели позволяют получить экологическую картину деятельности предприятия, специфику реализации той или иной технологии, применения технических средств защиты окружающей среды и, что весьма важно, особенности управления предприятием.

Поясним это утверждение. В течение многих лет руководители российских предприятий воспринимали экологически значимую деятельность исключительно как совокупность природоохранных мероприятий и средозащитной техники. Перед инженерами по охране окружающей среды ставили, в основном, задачи минимизации платежей за загрязнение и штрафов или исков о возмещении вреда окружающей среде, причиненного в результате нарушения законодательства. При этом в большинстве случаев платежи составляли совсем несущественные суммы (порядка сотых или десятых долей от себестоимости выпускаемой продукции). В то же время потери сырья, воды, нерациональное использование энергии обуславливали (и обуславливают) куда более значимые затраты. Достаточно сказать, что российские предприятия строительной промышленности потребляют в 1,5-5 раз больше энергии на производство единицы продукции, чем сравнимые с ними по масштабам и технологическим схемам западные компании. Удельное потребление энергии, воды, сырья, опасных веществ могут, таким образом, выступать в качестве экологических показателей деятельности организаций. Подчеркнем: деятельности в целом, а не деятельности отдела по охране окружающей среды. Причем именно такие показатели наиболее понятны руководству предприятий, их совершенствование имеет как экологический, так и несомненный экономический смысл.

Опыт последних лет свидетельствует также о том, что показатели результативности менеджмента привлекают серьезное внимание производителей и специалистов природоохранительных органов в тех регионах, где обе стороны заинтересованы в совершенствовании государственного управления, в совершенствовании рыночной позиции предприятий, в развитии общественного диалога и снижении социальной напряженности.

## Основные задачи общественного экологического мониторинга

Вернемся к приведенной выше классификации видов мониторинга, рассмотрим ее с точки зрения целесообразности участия общественности в каждом из этих видов (табл. 12).

С нашей точки зрения, *основная цель, которую должен преследовать общественный экологический мониторинг, — повышение доступности эко-*

Таблица 12. Классификация видов мониторинга и возможности общественного участия

<b>Виды мониторинга</b>	<b>Объекты наблюдений и оценки</b>	<b>Возможность общественного участия</b>
Мониторинг источников воздействия и отходов	Сбросы, выбросы, размещение и удаление отходов, использование ресурсов и готовой продукции	При правильной организации общественный экологический мониторинг источников воздействия может оказаться очень эффективным. Мощная приборная база далеко не обязательна: многие задачи могут решаться простейшими методами, в том числе и не требующими специального оборудования (визуальные наблюдения, фотодокументирование и т.п.)
Мониторинг факторов воздействия	Физические, химические, биологические факторы воздействия	Эффективность этого вида мониторинга также может быть достаточно велика. Обычно требуется некоторое оборудование. Выбор оборудования зависит от задач, которые ставит перед собой группа
Мониторинг состояния биосферы	Геофизический мониторинг (атмосфера, океан, поверхность суши с реками и озерами); биологический мониторинг (биота)	Некоторое место для общественных действий все же имеется и здесь — прежде всего в части защиты биоты в зонах интенсивного воздействия. Однако в целом эффективность общественного мониторинга на этом уровне невелика

логической информации для поиска приемлемых для всех сторон решений экологических (нередко переходящих в разряд социальных) проблем. Повышение доступности достигается путем использования и анализа как государственной (официальной) экологической информации, так и дополнительных сведений, которыми располагают различные исследовательские, образовательные, общественные организации. В ряде случаев может быть необходимо организовать собственные наблюдения и провести оценку ситуации, в результате которой формируется новая, не создаваемая и не анализируемая другими организациями информация.

Как правило, общественный экологический мониторинг организуется с целью принятия активных мер. В некоторых случаях общественные организации предполагают обращение в органы власти, в других — пы-

таются оказывать воздействие на предприятия; иногда планируют прямые действия, направленные на улучшение состояния объекта наблюдений. В этом смысле можно говорить, что общественный экологический мониторинг неразрывно связан с общественным экологическим контролем и служит информационной базой последнего.

Наиболее эффективно, с нашей точки зрения, общественный экологический мониторинг может выполнять такие функции, как:

1. создание дополнительного информационного канала; повышение оперативности экологического контроля и эффективности оповещения населения о происшествиях и нештатных ситуациях;
2. наблюдение за объектами, которые либо не включены в программы мониторинга государственных природоохранных служб, либо описываются недостаточно полно;
3. привлечение внимания к проблемам, которые ранее по разным причинам не были обозначены;
4. развитие экологического образования, просвещения и воспитания.

Отдельного упоминания заслуживает еще одна возможность использования общественного мониторинга — постпроектный анализ, т.е. оценка реальных экологических последствий осуществления проекта и сопоставления их с проектным прогнозом.

### *Дополнительный информационный канал*

Несмотря на улучшение ситуации в области доступности экологической информации, многие общественные организации ставят вопрос о сложностях получения необходимых сведений. На смену понятиям государственной секретности, как правило, приходят ведомственные интересы или мотивы коммерческого характера. Государственные органы часто не предоставляют нужную информацию, ссылаясь на ее высокую стоимость или занятость персонала. Подобные проблемы возникают как между государственными органами и общественностью, так и между государственными службами, относящимися к различным ведомствам.

В качестве весьма эффективной меры против подобных злоупотреблений можно рекомендовать создание дополнительных каналов получения и распространения информации, одним из которых является общественный экологический мониторинг. Опыт показывает, что, как только в регионе появляется такой информационный канал, степень закрытости информации, ее «коммерческая стоимость» немедленно снижаются. Создавая его, неправительственным организациям не следует концентрировать усилия на сборе большого количества собственных данных. Как правило, анализ имеющихся сведений может принести гораздо больше пользы. Сбор собственных данных необходимо осуществлять только при

отсутствии доступной информации, выявляя ключевые проблемы и «болевые точки».

Отметим, что производственный экологический мониторинг также призван внести вклад в решение задачи совершенствования работы с информацией (получения, накопления, анализа информации о потреблении и использовании ресурсов, об источниках и факторах воздействия на окружающую среду и т.п.). И здесь речь идет как о внутренних коммуникациях, так и о внешних. Причем последние могут быть инициированы общественными организациями, работающими в области экологического мониторинга.

### *Чрезвычайные ситуации*

Одним из перспективных направлений развития общественного мониторинга является использование его для оперативного получения необходимых сведений в случае аварийных и других чрезвычайных ситуаций. Они могут иметь как техногенную, так и природную причину. Например, угроза здоровью людей, имуществу и окружающей природной среде возникает при паводках, наводнениях, оползнях и пр.

Анализ практики последних лет свидетельствует о том, что процедуры оперативного информирования о чрезвычайных ситуациях и особенно о тех действиях, которые должны быть предприняты населением, оставляют желать лучшего. Нередко природоохранные органы различных областей не имеют тесного контакта между собой, и получение адекватной картины загрязнения (например, при аварийном сбросе вредных веществ в реку, бассейн который расположен на территории нескольких областей) затруднено административными барьерами. Поэтому возможности оперативного реагирования (если таковыми располагает общественная организация) позволяют более эффективно управлять ситуацией и способствуют укреплению сотрудничества с государственными органами.

## Объекты общественного мониторинга

Следует отметить, что общественный экологический мониторинг не может рассматриваться как инструмент для изучения глобальных проблем. И дело не только в том, что для адекватного решения задач фоновый мониторинг, поставленных в сети ГСМОС, требуется привлечение особых ресурсов (в частности, предполагается ведение многолетних наблюдений). Причина этого носит практический характер, т.к. рычаги воздействия на глобальные процессы (кроме образовательных в широком смысле этого слова) в большинстве случаев находятся вне досяга-



емости конкретного сообщества, живущего в данной местности. Даже возможности непосредственного влияния на региональные проблемы зачастую ограничены. Поэтому общественный мониторинг оказывается эффективным лишь тогда, когда, следуя известному изречению, *думают глобально* (или в границах региона в целом), но *действуют локально*. Характерным примером таких локальных объектов общественного мониторинга являются малые реки.

### *Малые водные объекты: кто, если не общественные организации?*

Наблюдения за состоянием малых водных объектов (рек, озер, прудов) — одно из наиболее актуальных направлений работы общественных организаций, планирующих развитие деятельности в области экологического мониторинга. Как уже упоминалось, подавляющее большинство таких водоемов не входит в программы наблюдений, реализуемых государственными службами. В то же время, проблемы уменьшения стока и загрязнения малых рек, эвтрофикации озер и водохранилищ стоят чрезвычайно остро, а источники воздействия в малом водосборе проще определить и исследовать. При этом загрязнение больших рек во многом зависит от состояния сети их притоков. Более того, именно изучение состояния малых рек может стать ключом к оценке вклада диффузных, рассредоточенных источников загрязнения (таких, например, как поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий).

Именно в отношении малых водных объектов местное население имеет достаточно рычагов, чтобы реально повлиять на принятие контрольных мер и этим способствовать улучшению их состояния. Воспитательное и образовательное значение наблюдений и трудовых акций (например, по расчистке русел малых рек), выполняемых силами общественных организаций, школьников, учащихся техникумов и студентов, трудно переоценить.

### *Объекты местного масштаба*

Пример с малыми водными объектами демонстрирует еще одно важное свойство общественного мониторинга — возможность реагировать на конкретные потребности местного населения.

Характерной чертой государственного экологического мониторинга, вытекающей из его иерархической структуры, является своего рода «автономность», отсутствие ориентации на непосредственные нужды жителей региона. Так, мониторинг загрязнения атмосферного воздуха, осуществляемый Росгидрометом, в основном ограничивается наблюдениями в крупных городах и промышленных центрах. При этом для жителей

интерес представляет состояние воздуха в жилых массивах, рекреационных зонах, в зонах расположения больниц, учебных заведений. В качестве еще одного примера можно привести количество фиксированных створов на Волге и ее притоках, где Росгидромет осуществляет мониторинг качества природных вод. Их всего 25. Реальный же интерес для населения представляет качество воды в ближайшем водоеме.

Даже при условии расположения пункта наблюдений на участке, интересующем местное население, сотрудники, выполняющие наблюдения, не могут предоставить жителям ожидаемую ими информацию о состоянии водного объекта, поскольку их функции сводятся к определению установленного набора параметров, регистрации результатов в заданном формате и передаче этих данных в региональный пункт. Описанная ситуация, к примеру, создает возможность «мониторинга без измерений», когда роль общественной организации состоит в корректной интерпретации данных.

Санэпиднадзор и организации, осуществляющие эксплуатацию систем водоснабжения, организуют наблюдения за качеством питьевой воды в местах водозабора, перед поступлением в распределительную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети. Как правило, они не располагают сведениями о качестве воды на выходе, у потребителя. Весьма ограничены данные, характеризующие состав воды в системе децентрализованного водоснабжения. Граждан же вполне закономерно интересует информация о том, какая вода поступает в их дома. Отметим, что при сегодняшнем состоянии разводящих сетей многие параметры, характеризующие состав питьевой воды у потребителя, определяются вторичным загрязнением в этих сетях (вызванным накоплением загрязнений в застойных зонах, негерметичностью, коррозией водопроводов и т.п.) Подобные ситуации предоставляют широкое поле для организации результативного общественного мониторинга.

В таких случаях серьезную роль могут сыграть также наблюдения, организованные вузами, школами, детскими общественными организациями. Конечно, речь не идет о точных измерениях. Но приемы изучения сред, накапливающих вредные вещества, и методы биомониторинга (оценка запыленности, загрязненности снежного покрова, изменений в состоянии растительности, оценка состояния водоема по населяющим его гидробионтам и т.п.) с успехом могут быть использованы. Подчеркнем, что в последние годы выпущены интересные и полезные книги, пособия, определители, применимые для развития вузовского и школьного экологического мониторинга [46-50, 52-54].

## Общественные организации ставят проблему

### *Суперэкоотоксиканты*

В последние годы значительно возрос интерес к большой группе загрязняющих веществ, которые являются **суперэкоотоксикантами**. Это *вещества, которые в очень малых дозах способны оказывать воздействие на живые организмы. В их число входят диоксины и дибензофураны, полихлорированные и полибромированные бифенилы, бензантрацены, нитрозамины, нафтиламины и другие органические вещества. К разряду суперэкоотоксикантов часто относят радионуклиды, некоторые тяжелые металлы (ртуть, кадмий) и металлоиды (мышьяк, селен), хлор- и фосфорорганические пестициды, являющиеся потенциальными мутагенами и канцерогенами (веществами, вызывающими соответственно мутации и онкологические заболевания)* [55].

Суперэкоотоксиканты характеризуются чрезвычайной стойкостью в окружающей среде и способностью к накоплению в трофических сетях. В тех или иных концентрациях они присутствуют во всех средах, циркулируют в них и через компоненты окружающей среды проявляют свое действие на человека, вызывая мутагенный, канцерогенный эффекты, подавляя клеточный иммунитет, поражая внутренние органы и приводя к истощению организма [55]. Гигиенические нормативы для некоторых суперэкоотоксикантов приведены в разделе 2.5 Приложения 2.

Неудивительно, что в последнее время внимание общественности привлечено к проблеме загрязнения окружающей среды суперэкоотоксикантами. Эта проблема достаточно нова и для государственных служб. Осуществление мониторинга суперэкоотоксикантов, оценка загрязнения и разработка методических подходов к выяснению их влияния на природную среду проводятся на международном уровне, так как для определения многих из этих веществ в природных объектах и биотканях необходимы дорогие современные приборы и высококвалифицированные специалисты-аналитики. К сожалению, весьма немногие организации России располагают необходимыми условиями для определения суперэкоотоксикантов.

Однако известны основные источники поступления суперэкоотоксикантов в окружающую среду. Это мусоросжигающие заводы, горящие свалки, некоторые химические предприятия. Общественным организациям нередко удается привлечь внимание административных органов к таким проблемам и инициировать разработку и выполнение международных проектов, направленных на установление источников воздействия и картины загрязнения и на предотвращение негативного воздей-

ствия суперэкоотоксикантов на окружающую среду и здоровье населения.

### *«Межведомственные» проблемы*

Иногда от внимания государственных органов ускользает проблема, находящаяся «на стыке» сфер ответственности различных ведомств. Знакомство с конкретной ситуацией, свобода от жесткой регламентации позволяют общественным организациям выявлять подобные проблемы и привлекать к ним внимание лиц, принимающих решения.

## Экологический мониторинг: образовательная функция

Образовательный и воспитательный потенциал экологического мониторинга очень велик. В данном случае «экологическое образование и просвещение» мы понимаем в самом широком смысле. Та информация, которая становится доступной в результате осуществления государственного, производственного, наконец, общественного экологического мониторинга составляет необходимую основу для развития образования.

Речь идет о повышении уровня осведомленности всех участников общественного диалога: населения, руководителей и рядовых сотрудников предприятий, представителей государственной власти. При этом общественные и научно-исследовательские организации, вузы могут с успехом использовать должным образом интерпретированную информацию о состоянии окружающей среды для формирования осознанной, экологически грамотной позиции общества в целом.

Подобная деятельность не входит непосредственно в обязанности государственной службы мониторинга и региональных природоохранительных органов. Отсутствие достоверных данных о состоянии окружающей среды на местном уровне, поданных в доступной форме, создает информационный вакуум, который часто заполняется слухами, небрежно представленными результатами исследований, непонятными данными и просто не имеющими реальных оснований опусами. Поэтому правильно организованный общественный экологический мониторинг способен заполнить этот вакуум, обеспечивая не только получение необходимой информации и представление ее в доступной форме, но и создавая для граждан реальную возможность участия в наблюдениях и контрольных мероприятиях. Отметим, что именно в связи с образовательной функцией особую важность приобретают вопросы представления полученной информации для широких кругов общественности (подробнее об этом см. в следующих разделах).

Многие международные и национальные проекты по экологическому мониторингу, реализованные на территории России, доказали свою эффективность именно с точки зрения воспитания в людях бережного отношения к окружающей среде, социальной ответственности. Особенно в этом плане результативны проекты, осуществленные с вовлечением в экологическую деятельность детей и подростков. Дети — наиболее восприимчивая и мобильная часть общества, требующая к себе повышенного внимания ради их и нашего общего будущего. Исследовательская работа на природе в сочетании с экологическими акциями по приведению в порядок «подшефных» объектов, естественное в этом возрасте любопытство, реальные результаты работы, признание со стороны взрослых и ровесников, — все это помогает воспитать чувство ответственности, сознательного отношения к своим действиям и возможностям даже в «трудных» детях. Пример организации и воплощения такого проекта можно найти в разделе *Модельные проекты*.

Финансовая поддержка ряда международных организаций\* помогла сделать такие проекты очень содержательными и реализовать их в разных формах, сформулировать и передать накопленный опыт работы в виде опубликованных книг, статей, рекомендаций (например, [49, 50], материалы на сайте <http://www.aseko.ru>), разместить полезную информацию в сети Интернет (<http://www.eco-projects.ru>, <http://www.aseko.org>, <http://www.isarmos.ru>, <http://www.iucn.ru> и другие).

## Послепроектный анализ

Термин **послепроектный анализ** тесно связан с понятием оценки воздействия на окружающую среду. Послепроектный анализ включает *независимый анализ и оценку экологической и эколого-экономической эффективности реализованных решений в сравнении с проектными данными (материалами оценки воздействия на окружающую среду) и материалами экологической экспертизы*. Серьезной проблемой любого исследования, связанного с оценкой экологических последствий намечаемой деятельности, является существенная неопределенность в области предсказания воздействий. Именно послепроектный анализ дает возможность проверить правильность предсказаний, служит своего рода обратной связью,

---

\* Финансовую поддержку таким проектам оказали Европейский союз (программа TACIS), Министерство международного развития правительства Великобритании (DFID), Министерство охраны окружающей среды, продовольствия и развития сельских районов Великобритании (DEFRA), Агентство США по международному развитию (USAID), Министерство иностранных дел Нидерландов (программа MATRA).

необходимой для развития методов оценки воздействия на окружающую среду в целом.

В России механизм слепопроектного анализа практически не развит. После того, как проект разработан и получил положительное заключение государственной экологической экспертизы, инициатор приступает к его реализации. Экологические последствия реализации проекта, теперь уже реальные, а не потенциальные, зависят от деятельности хозяйствующего субъекта и находятся в ведении государственных органов, ответственных за экологический контроль. При этом процедура передачи этим органам контроля материалов с решениями, принятыми на этапе согласования проекта, не определена. В ряде регионов взаимодействие налажено на персональном уровне, в некоторых случаях существуют распоряжения руководителей территориальных органов Министерства природных ресурсов. В связи с этим рекомендации экспертной группы, проводившей оценку воздействия на окружающую среду, как и рекомендации (замечания) государственной экологической экспертизы, могут не выполняться в ходе реализации проекта. Кроме того, упускаются возможности накопления соответствующего опыта и совершенствования подходов к оценке воздействия на окружающую среду\*.

Отсутствие слепопроектного анализа до некоторой степени может быть восполнено общественными организациями в рамках программ общественного экологического мониторинга. В частности, важно проводить такую работу на стадии реализации проекта (строительства, реконструкции и пр.).

---

\* Нам не известно ни одного случая, когда был бы проведен полный слепопроектный анализ, на основании которого можно было бы оценить корректность выводов, сделанных на стадии подготовки проекта, соответствие проектных оценок реальным данным, а также то, в какой мере учтены замечания экологической экспертизы.

# Методические рекомендации по организации общественного мониторинга

## Общественный экологический мониторинг и контроль: правовые аспекты

Понятия **общественного экологического мониторинга** и **контроля** формировались в нашей стране долго и трудно. Многолетние традиции закрытости экологической информации и секретности всех сведений, относящихся к загрязнению окружающей среды, наложили определенный отпечаток на отношение различных слоев общества к деятельности, связанной с общественным экологическим мониторингом. В 80-е годы трудно было даже представить деятельность общественности по экологическому мониторингу, а прямые измерения загрязнения окружающей среды могли рассматриваться как правонарушения.

В настоящее время ситуация существенным образом изменилась. Понятие **общественного экологического контроля** и его задачи определены Федеральным Законом «Об охране окружающей природной среды» [2].

**Статья 68.** Муниципальный контроль в области охраны окружающей среды (муниципальный экологический контроль) и общественный контроль в области охраны окружающей среды (общественный экологический контроль)

...

3. Общественный контроль в области охраны окружающей среды (общественный экологический контроль) осуществляется в целях реализации права каждого на благоприятную окружающую среду и предотвращения нарушения законодательства в области охраны окружающей среды.

4. Общественный контроль в области охраны окружающей среды (общественный экологический контроль) осуществляется общественными и иными некоммерческими объединениями в соответствии с их уставами, а также гражданами в соответствии с законодательством.

5. Результаты общественного контроля в области охраны окружающей среды (общественного экологического контроля), представленные в органы государственной власти Российской Федерации, орга-

ны государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, подлежат обязательному рассмотрению в порядке, установленном законодательством.

Организациям, работающим в области общественного экологического мониторинга, полезно также помнить о существовании Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» [31]. В сферу действия Закона попадают все организации (независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности), ведущие работы в области охраны окружающей среды (статья 13). Закон предписывает для проведения всех видов измерений, подпадающих под действие этого закона, использовать только аттестованные методики измерений (статья 9). Средства измерений, используемых для работ в области охраны окружающей среды, должны быть допущены в установленном порядке к применению в РФ (статья 8), а также проходить периодическую поверку (статья 15). Подробнее метрологические аспекты проведения измерений описаны в следующих разделах.

Разумеется, это не означает, что общественный экологический мониторинг должен осуществляться только с применением аттестованных методик. Полуколичественные или даже качественные методы могут быть использованы в образовательных целях, для привлечения внимания населения или властей к той или иной проблеме. Тем не менее, следует ясно понимать, что принятия конкретных административных решений на практике можно добиться только на основе данных, полученных при помощи аттестованных методик в лабораториях, имеющих лицензии на проведение соответствующих анализов.

## Разработка программы мониторинга

Эффективность экологического мониторинга решающим образом зависит от правильной его организации. Можно годами вести мониторинг в регионе — и не получить значимых результатов. Анализ таких ситуаций приводит к выводу, что очень важной стадией мониторинга является правильная постановка работы, включающая предварительное изучение ситуации, разработку программы, анализ полученных данных, интерпретацию информации и подготовку соответствующих выводов.

Общая последовательность разработки и осуществления схемы мониторинга представлена на рис. 6.

### *Цели и задачи*

Перед тем, как предпринимать какие-либо действия, следует сформулировать **цели** и конкретные **задачи работы**. При этом необходимо, чтобы





Рис. 6. Основные компоненты системы мониторинга

поставленные вами цели были конкретными, достижимыми и поддавались проверке, — это существенно для контроля выполнения программы мониторинга и внесения в нее корректив. Формулируя их, следует учитывать специфические черты производственного или общественного экологического мониторинга, обсужденные в предыдущем разделе.

Основная цель всякой программы мониторинга — информационная. Это получение новой информации, устранение той или иной неопределенности или, напротив, выявление недостатка информации. Однако при обсуждении особенностей общественного мониторинга уже отмечалось, что он: (а) ориентирован на конкретные местные проблемы и (б) тесно связан с контролем — принятием мер на основе полученной информации. Поэтому естественным образом цель программы общественного мониторинга может быть направлена на:

1. получение информации, связанной с конкретной проблемой;
2. представление информации для различных типов аудитории (заинтересованной общественности, администрации и сотрудников предприятия, государственных органов) и ее распространение;
3. принятие мер, непосредственно направленных на улучшение ситуации или стимулирование принятия соответствующих решений.

К области «мониторинга вообще» относятся первая из этих целей и (частично) вторая, в то же время в рамках производственных и общественных программ экологический мониторинг и экологический контроль тесно связаны.

Под задачами мы понимаем конкретные действия или этапы на пути достижения цели. В рамках грамотно составленной программы не может быть задач, выходящих за пределы цели, не имеющих к ней отношения и т.п. Примеры различных конкретных задач приводятся в главе *Модельные проекты*.

### *Выбор приоритетов: объекты наблюдения и определяемые параметры*

Инстинктивно возникающее желание измерять «как можно больше» является ошибочным, отвлекающим время и ресурсы. Даже если у вас большие возможности, следует всегда задаваться вопросом: какова должна быть достаточная программа исследований? В большинстве же случаев ограниченные ресурсы жестко диктуют необходимость сократить программу измерений, сохранив, по возможности, качество получаемого материала.

Поэтому на основе поставленной цели следует определить **приоритеты** — *объекты мониторинга и определяемые параметры*. Объекты могут быть как антропогенными, так и природными. Например, если цель програм-

мы связана с совершенствованием экологической результативности предприятия, то выбор объектов может осуществляться с учетом особенностей технологических процессов, сложившейся схемы работы с сырьем и материалами, принятых управленческих решений.

Если же цель состоит в уточнении картины и причин загрязнения реки, то выбор объекта может выглядеть как определение предприятия или конкретного места выпуска сточных вод, на котором будут сконцентрированы усилия по мониторингу.

Если проблему представляет состояние окружающей среды в загрязненном городском районе, определение приоритетов может начаться с выбора природной среды для мониторинга — атмосферы, воды, почвы, снежного покрова. Выбор объекта в некоторых случаях однозначно вытекает из поставленной проблемы, а иногда представляет собой содержательную и нетривиальную задачу. Поэтому целесообразно для правильной формулировки программы привлечь квалифицированных специалистов.

Сначала на основе поставленных целей выбираются объекты мониторинга, а затем определяемые параметры. Однако возможен и обратный порядок, например, когда заранее известно, что проблема связана с определенным веществом (например, с ртутным загрязнением). Следует продумать, какой общий объем измерений вы можете себе позволить, исходя из ваших возможностей.

Не стоит думать, что скромные ресурсы небольшой организации могут стать непреодолимым препятствием для разработки и воплощения полноценной программы мониторинга без дополнительных крупных финансовых вливаний, грантов, спонсорских средств. Опыт уже многочисленных проектов, осуществленных в России и зарубежом, доказывает, что тщательный выбор приоритетов и простых методов мониторинга позволяет выполнять прекрасные программы и реально решать локальные проблемы охраны окружающей среды. Регулярность наблюдений, энтузиазм исполнителей и правильность выбора приоритетов в большинстве случаев значат гораздо больше, чем стоимость аппаратуры, используемой для исследований.

Подробнее этот вопрос рассмотрен в разделе *Выбор оборудования и методов анализа*. А материал, собранный в Приложениях 1 и 4, поможет вам рационализировать выбор приоритетов.

### *Предварительный анализ ситуации*

Перед формированием долгосрочной программы мониторинга целесообразно провести рекогносцировочные (предварительные) исследования. Следует найти и проанализировать материалы (данные о состоянии объекта в прошлом и настоящем, отчеты, публикации), имеющие отно-

шение к вашей проблеме, включая и те, которые можно использовать в ее решении, например, правовое регулирование проблем такого рода, экономические интересы, и т.п. Любые уже имеющиеся сведения следует использовать эффективно, даже если в них и есть какие-то очевидные неточности или «белые пятна».

Одним из эффективных приемов предварительной оценки ситуации и выбора приоритетов является **картирование** источников воздействия (см. раздел *Качественные и полуколичественные методы*), а также составление их исходных «портретов» по литературным сведениям (см. раздел *Модельные проекты/Предприятие, возле которого мы живем*). Список портретных характеристик послужит основой для интерпретации результатов измерений. Например, если вы обнаружите, что между типом загрязнения и перечнем загрязняющих веществ в известных вам источниках загрязнения нет связи, то следует искать невыявленный, скрытый источник. Это может быть неизвестное захоронение, подземные воды, региональный перенос.

Для водных объектов удобно устанавливать так называемые **маркерные характеристики** (см. модельный проект «Качество воды в вашей реке»), позволяющие составить представление об общем характере загрязнения, не осуществляя полной программы измерений. Следует искать такие маркерные показатели, которые определяются сравнительно просто и недорого, например, электропроводность, pH, органолептические параметры: цветность запах и пр.). Информацию о том, какие параметры можно было бы отнести к **маркерным**, можно найти в Приложении 5. Некоторые полезные сведения содержит таблица 13. Жирным шрифтом выделены маркерные характеристики, установление которых может быть проведено непосредственно на месте и не требует ни значительных затрат времени, ни сложной приборной базы.

Как видно, многие характеристики, в том числе и маркерные, повторяются в различных графах таблицы. Чтобы определить вероятный источник изменения маркерных показателей состояния исследуемой среды, следует иметь карту или схему расположения вероятных источников загрязнения. Например, избыточное содержание ионов аммония в большинстве случаев служит маркерным показателем бытового и сельскохозяйственного загрязнения. Проверкой может стать определение содержания общего фосфора (см. таблицу 13), что типично для хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных источников.

Заметное повышение минерализации поверхностных вод является показателем притока вод с высоким содержанием растворенных веществ. Таковыми могут быть подземные воды или воды, использованные в системе охлаждения, шахтные воды или сточные воды промышленных предприятий.

Таблица 13. Выбор маркерных параметров для включения в программу наблюдений за водными объектами водосбора реки Пры

<b>Изменение параметров под воздействием источников</b>	
<b>увеличение</b>	<b>уменьшение</b>
<i>Растениеводство — поверхностный сток и мелиоративные каналы</i>	
<b>взвешенные вещества, мутность; рН, электропроводность;</b> хлориды; <b>аммоний</b> , нитраты, нитриты; фосфаты	<b>цветность;</b> сумма органических соединений по ХПК (наиболее вероятно при расположении полей на подзолистых почвах ниже заторфованных участков)
<i>Коммунальное хозяйство и животноводство</i>	
коли-титр, БПК <sub>5</sub> , СПАВ; <b>взвешенные вещества, мутность; рН, электропроводность, жесткость;</b> хлориды, <b>аммоний</b> ; общий фосфор и ортофосфаты (с увеличенным относительным вкладом животноводства по фосфору); сумма органических соединений по ХПК (наиболее вероятно при расположении выше заторфованных участков)	растворенный кислород; <b>цветность</b> (наиболее вероятно при расположении ниже заторфованных участков)
<i>Торфоразработки, мелиоративные торфяные каналы и торфяники в общем случае</i>	
<b>взвешенные вещества, мутность; цветность</b> (кажущаяся и истинная); сумма органических соединений по ХПК, углеводороды; железо, сумма тяжелых металлов (во взвешенном и растворенном состояниях)	жесткость; <b>минерализация</b> (вероятно при расположении ниже по течению участков с выходом известняков); <b>растворенный кислород;</b> <b>рН</b>
<i>Промышленные предприятия</i>	
<b>электропроводность</b> (при повсеместном использовании артезианских вод); характеристики в соответствии с описанными в томе ПДС; характеристики, следующие из анализа материальных балансов	характеристики в соответствии с описанными в томе ПДС; характеристики, следующие из анализа материальных балансов

Если вы исследуете влияние загрязнения на состояние водных экосистем, важным является учет температурного режима, его изменения за счет естественных и антропогенных факторов (например, сброс нагретых вод электростанций в водные объекты). При повышении температуры у рыб возрастает потребность в пище, утрачивается способность к воспроизводству, снижается активность; возрастает токсичность некоторых веществ для водной биоты, ускоряется синтез и накопление метилртути [56], снижается содержание растворенного кислорода. Нагрев вод ускоряет процесс эвтрофикации водоемов [56]. Поэтому при сбросе нагретых вод температура воды в водном объекте в самое жаркое время года не должна превышать 30°C.

Важной характеристикой водных экосистем являются также донные отложения. Аккумулируя тяжелые металлы, радионуклиды и высокотоксичные органические вещества, донные отложения, с одной стороны, способствуют самоочищению водных сред, а с другой — представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения водоемов. Донные отложения — перспективный объект анализа, отражающий многолетнюю картину загрязнения (особенно в малопроточных водоемах).

В последние годы получил развитие метод наблюдения за уровнем загрязнения природной среды на основе наблюдений за атмосферными осадками и снежным покровом. Атмосферные выпадения всегда содержат присутствующие в воздухе примеси, поэтому концентрация примесей в осадках является естественным показателем загрязнения атмосферы (см. также модельный проект «Каким воздухом мы дышим?») Этим способом переносятся пыль, оксиды азота и серы, тяжелые металлы и другие токсиканты. Анализ осадков, особенно снега, позволяет избежать отбора проб больших объемов воздуха [55].

Большую роль в рекогносцировочных исследованиях и последующих наблюдениях могут сыграть качественные и полуколичественные методы с применением полевых или экспрессных, иногда даже бытовых приборов или простых инструментов и приспособлений. Такие методы оценки состояния природных объектов подробно описаны в литературе [46-49, 57-59] и обзорно рассмотрены в разделе *Качественные и полуколичественные методы*.

Результатом предварительного анализа должен быть перечень выбранных объектов исследования и определяемых параметров — приоритетов программы мониторинга. Возможно также, что данных, полученных в ходе предварительного анализа, работы с литературой, окажется достаточно для того, чтобы, минуя этап «полномасштабных» измерений, перейти к следующим этапам программы. Такими этапами являются интерпретация данных, их представление и распространение, привлечение внимания к проблеме, работа с предприятием-загрязнителем или государственными органами.

В любом случае, серьезный предварительный анализ ситуации и разработка программы мониторинга с учетом приоритетов значительно повысят эффективность вашей работы и позволят с минимальными затратами достичь поставленной цели.

### *Расположение постов наблюдения*

Когда выбраны объекты и параметры мониторинга, необходимо определить число и расположение мест наблюдения (пробоотбора), а также режим проведения наблюдений (отбора проб). При этом необходимо по возможности учесть все факторы, которые влияют на результаты мониторинга. Например, если вы хотите оценить, насколько сточные воды предприятия загрязняют реку (и они ли загрязняют), необходимо выбрать точки отбора проб ниже и выше по течению места их сброса: может оказаться, что вода в реке уже сильно загрязнена интересующим вас веществом, а вклад предприятия весьма незначителен.

При исследовании атмосферного загрязнения интерес представляют не только уровни загрязнения по городу в целом (для этого используются стационарные и маршрутные посты наблюдений, и такую информацию, как правило, можно получить у государственных структур, занятых в системе мониторинга окружающей среды). Если большой вклад в загрязнение воздуха города вносит какое-то предприятие, целесообразно сконцентрировать внимание на так называемых подфакельных наблюдениях. При этом существенной частью работы является установление преимущественного направления движения факела, определяемое визуально, и расположение пунктов отбора проб. Следует также учесть, что наличие трубы относит факел выброса на значительное расстояние. Если дымовой факел не виден, то направление его движения определяется по направлению ветра на высоте выброса, запаху характерного ингредиента, поступающего из исследуемого источника, и по видимым факелам близлежащих источников. Кроме видимого выброса из трубы, выбросы могут осуществляться из других источников.

При организации сети наблюдения за уровнем загрязнения воздуха в городах (и особенно сети мониторинга источников загрязнения) необходимо иметь в виду, что некоторые низко расположенные (автотранспорт) и даже мелкие (печные трубы жилых домов) источники могут повлиять на локальный уровень загрязнения более существенно, чем высоко расположенные источники (выброс из высоких труб) [56].

Следует особо подчеркнуть, что при планировании пробоотбора (наблюдений) следует учитывать флуктуации мощности выбросов или сбросов во времени. Необходимо удостовериться, что система наблюдения зафиксирует эти флуктуации (это особенно важно при мониторинге заг-

рязнения атмосферного воздуха, поскольку концентрации загрязняющих веществ в этой среде меняются очень быстро).

После определения мест пробоотбора/наблюдений наступает стадия проведения измерений и наблюдений, включающая полевые операции (измерения, проводимые на месте, пробоотбор, обработка и консервирование проб, идентификация и доставка в лабораторию) и лабораторные исследования (измерение концентраций загрязняющих веществ, использование биотестов в лабораторных условиях и пр.). Лабораторные анализы и полевые измерения должны проводиться со ссылкой на используемые методики и рекомендации. Контроль качества данных может осуществляться с применением статистических методов, выполнением анализа шифрованных проб и т.д. Описание методов анализа и их применения для наблюдения за объектами окружающей среды и источниками воздействия можно найти в литературе [26-28, 46-49, 53-54, 57, 57a].

### *Обратная связь*

При организации мониторинга должен быть обязательно реализован механизм обратной связи, который позволит скорректировать программу, выявить ее слабые места. Так, с учетом конкретных методов и оборудования, интерпретации результатов первых измерений могут быть пересмотрены приоритеты программы. По истечении некоторого времени накапливается материал, позволяющий уточнить цели программы, решаемые задачи, а также имеющиеся ресурсы.

В ходе работы необходимы контроль качества данных и их корректная и грамотная интерпретация. В случае возникновения трудностей в реализации программы или интерпретации данных полезно привлечь экспертов со стороны. Следует уделять пристальное внимание методам обработки и хранения первичной информации. Необходимо вести дневник исследований, где следует записывать все действия с указанием времени, места проведения наблюдений, помещать вспомогательные схемы, рисунки, фотографии и пр.

Завершающей стадией является подготовка отчета и сообщений с использованием полученной информации и их распространение, выработка рекомендаций для всех заинтересованных групп и организаций [60, 61].

В целом программа должна:

- быть научно обоснованной;
- быть достаточно гибкой, допускать пересмотр задач и подходов на основе получаемых результатов;
- давать значимые результаты, т.е. результаты, несущие осмысленную информацию, которую можно интерпретировать;
- быть экономичной, полностью управляемой и контролируемой с точки зрения материальных и временных ограничений.



## Выбор оборудования и методов анализа

Выбор методов и средств измерений параметров источников воздействия и состояния окружающей среды зависит не только от того, за каким параметром вы намерены вести наблюдения, но и от задач вашей программы в целом. Например, не всегда необходимо привлечение инструментальных методов определения загрязняющих веществ, т.к. существуют достаточно простые и информативные приемы, не требующие сложного оборудования и высокой профессиональной подготовки (визуальные методы, некоторые способы биоиндикации и т.п.). Например, общая захламленность территории населенного пункта или количество просыпей сырьевого компонента в цехе предприятия могут быть оценены визуально, а задокументированы с помощью фотографии или отражены на картах-схемах местности. Подробнее об этих приемах см. в разделе *Качественные или полуколичественные методы*.

Визуальные методы мониторинга с фотографированием, рисованием, равно как и подходы биоиндикации интересны и доступны, поэтому широко используются в детском мониторинге. При планировании мониторинга с участием детей и подростков необходимо учесть некоторые дополнительные особенности: применяемые методики исследования должны быть не только простыми и наглядными, но и безопасными, а программа мониторинга — разносторонней и познавательной, чтобы заинтересовать детей [46–49, 52]. Некоторые методики оценки качества воды с использованием биоиндикации приведены в Приложении 3. Пример организации проекта по мониторингу с участием детей и подростков с использованием только беззатратных и малозатратных методов мониторинга описан нами в разделе *Модельные проекты*.

В некоторых случаях можно успешно сочетать простые методы наблюдения с инструментальными методами по следующему принципу: есть видимое изменение фактора воздействия, — надо проводить исследование с использованием аналитических приборов. Например, повышенные концентрации свободного хлора в сточных водах будут сопровождаться усилением характерного запаха, при этом можно отбирать пробу воды для анализа. Повышенные концентрации оксида азота будут причиной рыжей окраски отходящих газов (знаменитый «лисий хвост»), и тогда можно осуществлять измерения\*. Еще один пример — загрязнение воздушной среды автотранспортом меняется в зависимости от интенсивности движения, видов автотранспорта (соотношения грузовые/легковые автомобили), поэтому оценить его можно, просто подсчитывая количество проезжающих машин. Измерения в этом случае можно

\* Кстати, рыжий цвет отходящих газов может быть обусловлен взвесью оксидов железа. Рекомендации по оценке результатов наблюдений см. в разделе *Интерпретация результатов*.

проводить по необходимости в периоды наибольшей и наименьшей (для сравнения) интенсивности движения.

Измеряемое обычным кондуктометром резкое повышение минерализации в речной воде после выпуска сточных вод свидетельствует о возрастании концентрации загрязняющих веществ в сбросе или об аварийной ситуации, следовательно, также необходим более детальный анализ проб воды (см. табл. 14).

В приведенных примерах простые методы применяются для идентификации факторов воздействия или их изменений, а более сложные инструментальные — для детального определения параметров факторов воздействия, подтверждения результатов визуальных наблюдений. Детальному описанию методик анализа воздушной и водной сред, снежного покрова, почв посвящены многочисленные нормативные документы, учебные пособия, справочники [26-28, 30, 53-54, 57а, 62-70].

Если для решения поставленных задач необходимы именно инструментальные методы, привлекайте к работе профессионалов. При этом полезно ознакомиться с возможностями и характеристиками методов. Следует иметь в виду, что выбор методов определяется, исходя из многих соображений, в том числе их возможностями (селективность, чувствительность и пр.), доступностью оборудования, стоимостью анализов и другими факторами (см., например, Приложение 3 и [34]). Если вы намерены обсуждать результаты с официальными лицами и приводить

Таблица 14. Оборудование, пригодное для рекогносцировочных исследований

Тип прибора	Возможные области применения
Кондуктометр или прибор для измерения сопротивления водных растворов	Оценка минерализации воды, локализация источников сбросов электролитов (солей, щелочей, кислот)
pH-метр, иономер	Определение водородного показателя (pH), при использовании ионоселективных электродов — определение присутствия нитратов, хлоридов и других ионов
Газоанализатор типа УГ-2 или “Пчелка”	Полуколичественное определение наиболее часто встречающихся вредных примесей в атмосферном воздухе
Фотоэлектроколориметр	Измерения многих параметров, основанные на проведении цветных реакций; при соответствующей подготовке проб можно использовать для анализа состава воздуха, воды, почвы, биологических тканей

их в отчетах в сравнении с материалами государственных служб, применяемые вами средства и методы должны быть аттестованы и должны соответствовать нормативным документам. Отметим, что методики измерений могут быть утверждены и допущены к применению Госстандартом РФ, а также министерствами и ведомствами.

Предпочтительнее использовать методики, утвержденные Госстандартом РФ, допустимо применение методик Госсанэпиднадзора и Росгидромета. Так, в соответствии с требованиями **СанПиН 2.1.4.1074-01** [11] для проведения лабораторных исследований (измерений) качества **питьевой воды** допускаются метрологические методики, соответствующие требованиям **ГОСТ 8.563-96** и **ГОСТ 8.556-91**, установленные значения показателей погрешности которых не превышают норм погрешности по **ГОСТ 27384-87**, а также методики, утвержденные или допущенные к применению Госстандартом России или Госсанэпиднадзором России [67].

При использовании других ведомственных методик следует уточнить, являются ли рекомендованные способы проведения измерений пригодными для технологического контроля (например, в химической или пищевой промышленности) или для оценки качества природных сред. Выполнение аналитических измерений по неаттестованным методикам может поставить под сомнение полученные вами результаты.

Если вы приняли решение обратиться за помощью для выполнения аналитических измерений в специализированную лабораторию, имеющую хорошую деловую репутацию, следует учитывать возможности применяемого профессионалами оборудования и методов исследования и отбора, консервации и хранения проб, направляемых на анализ. Необходимый минимум знаний в вопросах анализа позволит вам увереннее чувствовать себя в дискуссиях с профессионалами и избежать ошибок в интерпретации результатов. Некоторые основные определения и их краткие характеристики изложены в Приложении 3.

В ряде случаев используются многокомпонентные методы, позволяющие определить сразу большое число веществ (например, различные спектральные анализы, хроматография). Значение таких методов возрастает, но их использование возможно только высокопрофессиональным персоналом и на соответствующем, обычно дорогом, оборудовании. При прочих равных условиях предпочтительнее использовать методы прямого анализа, не связанные с предварительной подготовкой пробы. Иногда такая подготовка необходима, например, когда производят предварительное концентрирование исследуемого компонента, что позволяет определять малые его концентрации, устранять трудности, связанные с негомогенным распределением компонента в пробе и отсутствием образцов сравнения. В любом случае, важно избежать потерь на этом этапе, поэтому следует отдавать предпочтение методикам, которые требуют

минимального количества стадий фильтрации, экстракции, отгонки, переноса из одного сосуда в другой и т.п.

Сложность состава природных сред служит причиной того, что помехи, возникающие при измерении концентрации одного вещества при наличии других веществ, могут приводить к серьезным ошибкам. Большинство стандартных методик содержит перечень таких проблем и способов их устранения.

В области радиоэкологического мониторинга общественные организации своими силами могут выполнить только определенный комплекс полевых исследований с использованием переносных приборов — дозиметров и радиометров. Лабораторные радиоэкологические исследования требуют приборов, квалифицированного персонала и особых условий, связанных с обеспечением безопасности работающих. При этом следует учитывать, что в соответствии с действующими Нормами радиационной безопасности [35] принятие административных решений осуществляется только на основании сведений о годовой эффективной дозе.

В конце раздела, посвященного выбору методов измерений, хочется подчеркнуть, что во многих случаях можно проводить выявление источников загрязнения без использования дорогостоящего и сложного оборудования. Рекогносцировочные исследования (особенно основанные на принципе поиска маркеров загрязнения) вполне можно проводить, используя минимум средств измерений.

Еще раз отметим, что информацию можно извлечь как из полученных ранее (государственными и неправительственными организациями) численных материалов, так и проводя собственные визуальные наблюдения, фото- и видеосъемку (см. главу *Модельные проекты*).

## Отбор и подготовка проб

**Стадия пробоотбора** представляет собой весьма важный этап организации экологического мониторинга. Прежде всего, необходимо обеспечить такие условия, при которых проба отражала бы реальное содержание определяемых компонентов в окружающей среде. При этом большое значение имеет сам объект исследования. Состав наиболее подвижной среды — воздуха — изменчив, а концентрации примесей невысоки. Поэтому при пробоотборе используются сорбционные поглотители, через которые прокачиваются большие объемы воздуха. При изучении водных систем следует уделить первоочередное внимание донным отложениям, накапливающим многие загрязняющие вещества и отражающим долговременную картину загрязнения. Наконец, нужно помнить о том, что для уменьшения случайных погрешностей целесообразно проводить несколько параллельных определений, что ведет к увеличению минимального объема пробы.

Во избежание загрязнений уже на стадии отбора пробы следует принимать специальные меры предосторожности. Такие меры обычно подробно описаны либо в самих методиках, либо в специальных руководствах по анализу, перечень которых приведен в списке литературы. Неаккуратное обращение и неправильное хранение могут привести к изменению состава пробы под действием света или тепла, химических реакций, микробиологических превращений и т.д.

Так, например, попадание в анализируемую пробу пыли из воздуха (если измерения проводятся вблизи транспортных магистралей, рядом с заводом, электростанцией) может служить источником загрязнения и ошибки при определении металлов (взвешенные частицы выбросов промышленных предприятий и транспорта содержат тяжелые металлы). Загрязнение воздуха лаборатории парами ртути ведет к завышению содержания этого элемента в пробе. Все это нужно учитывать при определении следовых количеств загрязняющих веществ.

Во многих случаях приходится прибегать к **консервированию пробы** — операции, позволяющей проводить аналитические работы не в полевых условиях, а через некоторое время. Процедуры консервирования проб воды, донных отложений, биологических объектов детально описаны в соответствующих методических указаниях [49, 53-54, 65-66]. Отметим лишь, что требования к консервированию следует выполнять неукоснительно и при необходимости делить пробу на несколько порций, консервируя их по отдельности для последующего анализа.

**Стадия пробоподготовки** является первой ступенью собственно аналитической фазы. Помехи от неизвестных факторов должны быть полностью исключены. Цель подготовки пробы — перевод определяемого компонента (и пробы) в форму, пригодную для анализа с помощью выбранного метода, удаление мешающих веществ или их маскирование. В некоторых случаях необходимо строго известное изменение концентрации (разбавление или концентрирование), что обычно связано с требованиями используемого метода анализа. Все необходимые операции содержатся в описаниях методик [66, 72].

## Документирование результатов

Документирование результатов — важная составляющая общественного экологического мониторинга. Документировать необходимо все стадии работы, начиная с планирования, оценки исходной ситуации и, конечно, не забывая об отборе проб. Особое внимание этому следует уделить, если вы намерены добиваться принятия каких-либо решений на основе ваших результатов.

Мы уже говорили об оценке исходной ситуации и экологическом картировании и вернемся к этой теме еще раз позднее в разделе *Качественные и полуквантитативные методы*. Фотосъемка как метод документирования бывает просто незаменима в тех случаях, когда степень загрязнения и ее изменение можно оценить визуально. Фотография — достаточно серьезный аргумент в любых обсуждениях, подкрепляющий вашу точку зрения.

Обратимся теперь к стадии отбора проб. Пробоотбор обычно оформляется протоколом, который подписывают все его участники. Форма протокола может быть разработана вашей организацией или заимствована у государственных служб. Если вы разрабатываете собственную форму, подойдите к этому очень тщательно: из нее не должны исчезнуть детали, которые могут оказаться существенными при интерпретации результатов. Например, если вы работаете на водном объекте, в протоколе следует указать точное место отбора пробы, глубину, расстояние от берега, метеоусловия. Информацию для составления протокола предпочтительно записывать непосредственно в момент пробоотбора.

Протокол должен быть подписан и утвержден ответственным лицом (это может быть руководитель группы). При работе учебных организаций также есть смысл уделить внимание оформлению протокола. Введение такой процедуры позволит более аргументировано подходить к интерпретации и оформлению результатов, будет способствовать приобретению учащимися навыков систематической работы.

К оформлению результатов лабораторных исследований целесообразно подходить аналогичным образом. Полученные данные должны быть занесены в лабораторный журнал, а затем, когда это необходимо, сведены в протокол, который подписывается обычно руководителем лаборатории. Не следует забывать о методиках: необходимо указывать, каким именно способом произведены измерения, а в приложении к отчету нужно дать точные ссылки на используемые нормативные документы. Все первичные результаты (протоколы, рабочие журналы и прочая документация) должны сохраняться в течение всего времени, пока вы оперируете полученными данными.

Количественные данные анализов обычно представляют в виде таблиц. В эти таблицы целесообразно включать результаты в виде рассчитанных средних величин и отклонений от них, а также дополнительную информацию, необходимую для корректной интерпретации результатов. Это могут быть сведения о действующих стандартах, фоновом или реперном значении определяемого параметра, характерный интервал значений параметра по результатам прошлых измерений, необходимые примечания. В тех случаях, когда определение исследуемой величины проводят независимо различными методами, следует внести в таблицу информацию об альтернативных методиках.

Таблица 15. Образец таблицы результатов анализов водной среды

Дата	Пара-метр	Размер-ность	Полученные значения	Среднее значение и отклонение от среднего	ПДК или другой стандарт	Значение показателя в фоновом створе	Характерный (за июль прошлого года) интервал значений	Примечания
12.07 1995	N (аммон.)	мг/дм <sup>3</sup>	2,5 2,8 3,0 3,0 2,5 2,7	2,8±0,8 (90% довер. интервал)	2,0 ПДК <sub>в</sub>	0,9 (лит. источники)	1,8-2,6	Фотометрический анализ с реактивом Несслера, прибор КФК-4. Превышение стандарта для водоемов хоз.-питьевого и кулът.-быт. пользования, специфический запах

Образец таблицы результатов анализов атмосферного воздуха

Дата	Пара-метр	Размер-ность	Полученные значения	Среднее значение и отклонение от среднего	ПДК или другой стандарт	Реперная величина	Характерный (за прошлый месяц) интервал значений	Примечания
11.10 1996 8.30-9.30; 16.00-17.30 (часы пик)	СО	мг/м <sup>3</sup>	25 20 22 18 21 20	21±8 (90% довер. интервал)	3,0 ПДК <sub>сс</sub> 20 ПДК <sub>гз</sub>	< 2 в ранние часы (5.00-6.00) до возрастания потока автотранспорта	15,0-25,0 (часы пик)	Линейно-колориметрический анализ — прибор УГ-2. Превышение стандарта для воздуха рабочей зоны

Корректность оформления результатов не менее важна, чем документирование процессов пробоотбора и анализа.

Приведенные примеры представления данных исследования содержат как собственно полученный цифровой материал, так и сведения, которые могут (и должны) быть использованы для интерпретации результатов.

## Интерпретация результатов: типичные ошибки и пути их преодоления

*Улики сами по себе не страшны,  
страшна неправильная интерпретация.*

Бр. Стругацкие. «Хромая судьба»

Итак, получены долгожданные результаты наблюдений. Возможно, вам пришлось отказаться от самостоятельных аналитических работ, и цифровой материал получен в лаборатории научно-исследовательского института. Это рациональный шаг, но и собственные, и выполненные по вашему заказу аналитические материалы должны быть интерпретированы так, чтобы цифры заговорили, стали информацией.

Действительно, в основе любого заключения о сложившейся экологической ситуации, о качестве воздуха, воды, почвы лежит информация, а не просто некоторый массив цифр. Интерпретация и представление полученных результатов в значительной мере определяют возможности использования данных для принятия экологически значимых решений (таких, как внедрение методов предотвращения потерь токсичных веществ на предприятии, отказ от одного из видов водопользования или внесение ограничений на его характер, требование пересмотра границы санитарно-защитной зоны предприятия, рекомендации по очистке сточных вод и пр.)

Иногда под интерпретацией понимают сравнение полученных результатов, выраженных в количественной форме, с соответствующими значениями ПДК или другими нормативными показателями. В результате получаются те же цифры, выраженные в других единицах (например, в единицах ПДК), что практически не создает дополнительной информации. Соответственно, такая процедура не может считаться интерпретацией результатов и, в лучшем случае, представляет собой лишь первый ее этап. (Отметим, однако, что уже этот этап предоставляет возможности для ошибок и манипуляций — прежде всего, путем отнесения результатов к «ненадлежащему» нормативу, предназначенному для других условий).



Процесс интерпретации всегда должен быть ориентирован на **цель** вашей работы. Как правило, следует выявить приоритетные показатели, имеющие основное значение, понять причины, вызывающие те или иные экологические последствия (например, ухудшение качества воды в водном объекте), выявить основные процессы или факторы, влияющие на полученные результаты. Постарайтесь найти ответы на следующие вопросы:

1. Каковы причины полученных результатов (т.е., **почему** получены именно эти результаты)? Это могут быть причины методического характера. Возможно, следует вернуться к программе наблюдений, отбору проб, выбранным методикам. Если с методической частью все в порядке, следует задать вопросы о причинах, обусловивших наблюдаемые явления. Каков источник зафиксированного загрязнения (предприятие, дачный поселок, естественный процесс)? Что можно сказать о применяемом производственном процессе на основании анализа сточных вод предприятия?
2. Соответствуют ли полученные результаты тому, что вы ожидали? Если да (нет), то почему? Будьте требовательны к выводам. Невнимание к этому вопросу способно привести к обнародованию «сенсационных» данных, которые не подтвердятся впоследствии.
3. Каковы следствия наблюдаемых явлений? Речь здесь идет не столько о прогнозах, что иногда бывает трудно сделать. Важнее другое: что практически означает полученный результат — с точки зрения здоровья населения, состояния экосистемы и т.п. При этом следует принимать во внимание ответы на первые два вопроса. Это, например, означает, что следует ставить вопрос не только о том, каково воздействие обнаруженного вещества на окружающую среду, но и о том, каково воздействие производственного процесса, признаком которого является это вещество.

Лишь получив ответы на все три вопроса, вы можете быть уверены в том, что отнеслись к интерпретации результатов должным образом. Не бойтесь проверять и перепроверять выводы, особенно если они носят «сенсационный» характер. Материалы, собранные в Приложениях, во многих случаях помогут найти ответы на поставленные вопросы.

Проиллюстрируем некоторые типичные трудности интерпретации на примере данных государственного мониторинга.

### *Государственный мониторинг: проблемы интерпретации*

Государственный экологический мониторинг имеет иерархическую структуру. Местные службы занимаются только сбором первичного материала и сами его не интерпретируют. Они передают первичные данные в вы-

---

---

Типичная торфяная речка Пра, протекающая в основном по территории национальных парков «Мещера» и «Мещерский», традиционно описывалась в «Ежегодниках качества поверхностных вод суши» как «чрезвычайно грязная» за счет нефтепродуктов. На самом деле, по методу аналитического определения, наряду с собственно нефтепродуктами, в воде устанавливается и содержание углеводов торфяного происхождения. Подчеркнем, что ни в пробоотборе, ни в определении загрязняющих веществ ошибок допущено не было. Но сама интерпретация, оторванная от реалий провинции, в которой расположен водосбор реки, не позволяла установить источник воздействия или природный фактор формирования состава воды.

---

---

шестоящие инстанции, где составляются обобщающие таблицы по всему водосборному бассейну, например. Эти таблицы дают возможность взглянуть на проблему шире, увидеть то, что не очевидно на местном уровне. Однако данные при этом чаще всего представляются в виде кратности и частоты превышения соответствующих ПДК, и исходная информация (особенности биогеохимических провинций, водосборов, источников воздействия и др.) исчезает.

Иногда совершается другая методологическая ошибка: накапливаются данные без соответствующего анализа и корректировки программы. Накопление значительного массива данных по жесткой программе необходимо при фоновом мониторинге, но, когда идет поиск загрязняющих

веществ и источников их поступления, программа нуждается в уточнении в зависимости от получаемой информации.

Учебным заведениям, общественным организациям, которые, как правило, не ведут фонового мониторинга, полезно следовать правилу: *интерпретация полученных результатов должна быть процессом, параллельным их получению*. При этом могут быть использованы несложные методы получения дополнительной информации, например, качественные наблюдения или «разведывательные» подходы к организации наблюдений, описанные в главе *Предварительный анализ* и в разделе *Качественные и количественные методы*.

### *Требования, предъявляемые к аналитическим данным*

Для объективной оценки состояния окружающей среды нужны достоверные и сопоставимые аналитические данные. К результатам измерений, к способам их представления и интерпретации предъявляются достаточно строгие требования. Следует подчеркнуть, что требования к данным производственного или общественного экологического мониторинга те же, что и для государственного. Различие состоит в том, что

перед государственным мониторингом, как правило, не стоят те задачи, которые решает производственный и общественный мониторинг, а именно сбор и оценка сведений, отражающих причины и характер изменения экологической ситуации на локальном уровне.

---

В 1996 году силами общественных организаций были опубликованы результаты исследования содержания тяжелых металлов в тканях птиц (чаек), отловленных на прудах-накопителях сточных вод промышленных предприятий. Концентрации тяжелых металлов, установленные с помощью научно-исследовательской организации, были приведены в сравнении с величиной ПДК, установленной для мясных продуктов питания. Подобный прием, возможно, делает восприятие ярче, но не может считаться оправданным. Фактически тревожная публикация не содержала достоверной информации, несмотря на то, что в ней были использованы верные числа и размерности. Корректно было бы сравнить установленную степень накопления с результатами аналогичных исследований, предпринятых в чистых (фоновых), относительно благополучных и опасно загрязненных регионах.

---

Вернемся еще раз к тем требованиям, которые предъявляются к экологической информации. Прежде всего, это **достоверность и объективность**, непредвзятость анализа и выводов.

Основным фактором, влияющим на достоверность анализа, независимо от используемой методики и способов регистрации аналитического сигнала, являются ошибки, допущенные на стадии пробоотбора. При этом погрешность определений, обусловленная пробоотбором, может достигать сотен процентов (см. также раздел «Выбор методов и оборудования»). Проба — всегда часть изучаемого объекта. Важно, чтобы она была **представительной**, т.е. давала наиболее полное представление об объекте. При отборе проб необходимо использовать стандартные методы (как правило, они описаны в сборниках аналитических методик), что позволяет не допустить попадания в пробу посторонних примесей и правильно сохранить ее. Выполнение измерений без отбора проб (например, на месте при исследовании минерализации воды, pH воды и почвы, влажности почвы) позволяет в большинстве случаев избежать этого источника ошибок.

Другое важное требование к аналитической информации — ее **сопоставимость**. Это требование напрямую связано с необходимостью использовать данные, полученные в различных лабораториях и разными методами). Сопоставимость во многом зависит от погрешностей анализа (систематических или случайных). Если точность результатов неодинакова,

то сопоставлять их (а тем более делать на основании этого выводы) некорректно. Если же применяемые методики метрологически не аттестованы, сопоставимость полученных с их помощью данных также может быть поставлена под сомнение.

Для понимания того, насколько отличаются результаты анализов в разных лабораториях, проводят интеркалибрацию (одну и ту же пробу исследуют одновременно в разных организациях, а нередко и различными методами. Если данные сильно расходятся, необходимо привлечь арбитражный анализ в лаборатории, которой вы доверяете.

**Надежность** аналитической информации достигается применением специальных мер обеспечения качества результатов анализа (таких, как стандартные образцы и межлабораторные исследования). При выполнении аналитической работы следует проводить метрологический анализ результатов, в том числе:

- контроль случайных погрешностей;
- контроль систематических погрешностей;
- контроль матричного эффекта в отношении воспроизводимости, достоверности и точности;
- контроль отклонений в пределах одной серии;
- установление причин отклонений и их устранение.

Матричный эффект — это влияние макросостава пробы, а также структуры твердого образца («матрицы») на результаты анализа малых количеств загрязняющих веществ. Кроме того, нужно помнить о возможном существовании в пробе разных химических форм анализируемого вещества.

Для оценки случайных погрешностей используются методы математической статистики. Можно рекомендовать использовать книгу К. Дерфеля «Статистика в аналитической химии» [73], справочник А. Гордона, Р. Форда «Спутник химика» [74] или любое пособие по аналитической химии, содержащее раздел «Оценка результатов измерений».

Контроль систематических погрешностей, установление причин отклонений и их устранение лучше всего проводить в сотрудничестве со специалистами, ведущими аналогичные исследования.

### *«Сенсационные» результаты*

Если обнаруженное вами загрязняющее вещество не может быть связано ни с природными процессами (в том числе, аномальными), ни с деятельностью одного из предприятий района или области, возможно, вы допустили аналитическую ошибку. В любом случае, при получении неожиданного результата вам следует тщательно проанализировать его и оценить все возможные источники ошибок. В противном случае вы

можете оказаться источником некорректных сведений, что может отрицательно повлиять на репутацию вашей организации.

Один из очень простых приемов, позволяющих исключить подобные ошибки — фоновые измерения. Например, если в месте сброса вы обнаруживаете неожиданный компонент, появление которого никак не может объясняться технологиями, применяемыми на объекте, полезно отобрать пробу выше по течению, вне зоны влияния данного объекта.

Есть и другие простейшие приемы, требующие, однако, определенных затрат — контрольные измерения (например, «шифрованные» пробы с известным содержанием загрязняющего вещества) или повторный отбор проб для отправки на контрольный анализ в аккредитованные лаборатории.

Следует еще раз подчеркнуть, что не обнаруженная вовремя ошибка измерений может сильнейшим образом скомпрометировать вашу организацию и подорвать доверие к вам на долгое время.

### *Пример интерпретации данных общественного мониторинга*

Для наглядности рассмотрим проблемы интерпретации результатов на конкретном (вымышленном) примере. В этой главе мы намеренно уделяем основное внимание вымышленным и реальным ситуациям, стандартам водопользования и состояния атмосферного воздуха, а не приемам статистической обработки результатов. Дело в том, что наиболее характерная ошибка организаций, ведущих общественный мониторинг, состоит не в обсуждении и публикации ошибочных, некорректно рассчитанных величин, а в попытке использования для принятия решений «сырых», практически не интерпретированных результатов.

---

Общественная организация «Биоген» разработала программу мониторинга городского водохранилища, используемого населением города для купания, ловли рыбы, катания на лодках. В последние годы водохранилище «цветет». Специалисты санэпидемстанции осуществляют наблюдения за бактериологическим режимом водохранилища в купальный сезон. Оснований для закрытия пляжей нет, так как возбудители инфекционных заболеваний лабораторией СЭС не обнаружены.

С использованием концентрационного фотоэлектроколориметра центральной заводской лаборатории предприятия «Свет» добровольцы группы «Биоген» ежедневно проводят аналитическое определение аммонийного азота в пробах воды, отобранных на пляже. Полученные значения концентраций сведены в таблицу.

По мнению активистов группы, администрация города и сотрудники СЭС обязаны принять во внимание результаты анализов и закрыть пляж. Гневная заметка, говорящая о превышении ПДК в полтора раза и не-

*допустимости загрязнения водохранилища*, опубликована «Биогеном» в местной газете «Новая жизнь».

Хорошо ли выполнена работа? Достигнута ли основная цель общественного экологического мониторинга — обеспечение населения оперативной, гласной и достоверной информацией об источниках загрязнения и о состоянии окружающей среды? И да, и нет. По нашему мнению, эффект был бы гораздо более сильным и долгосрочным, если бы внимание группы было сконцентрировано на собственно *интерпретации* результатов и на опубликовании материала, имеющего образовательную значимость, в СМИ. Кроме того, «Биоген» допустил характерную ошибку, используя лишь прием сравнения полученных данных с ПДК, не разъясняя при этом, о каком стандарте (для культурно-бытовых, рыбохозяйственных или питьевых вод) идет речь. Упущена возможность обсудить изменение ситуации во времени, вклад вероятных источников загрязнения, риск возникновения заболеваний. Приведем примерный ход рассуждений, который мог бы быть использован группой при интерпретации полученных результатов.

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм<sup>3</sup> в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано, главным образом, с процессами биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы.

*Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесс загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.*

Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются *животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности.*

В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм<sup>3</sup> аммония, в бытовых стоках — 2-7 мг/дм<sup>3</sup>; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г аммонийного азота (в расчете на одного жителя).

В водосборе водохранилища расположен дачный поселок. Выгребные ямы поселка, устроенные на легких песчаных почвах, могут представлять собой источник поступления ионов аммония в

водохранилище. Следует провести дополнительные наблюдения в непосредственной близости от поселка, а также предложить вниманию дачников обзор результатов общественного экологического мониторинга и книгу «Что делать со сточными водами» [75].

Предельно допустимая концентрация в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>в</sub>) установлена в размере 2 мг/дм<sup>3</sup> по азоту или 2.6 мг/дм<sup>3</sup> в виде иона NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический). Однако для рыбохозяйственных водоемов нормирование более жесткое — для аммонийного азота ПДК<sub>вр</sub> = 0.05 мг/дм<sup>3</sup> по азоту.

Стабильно повышенные уровни содержания аммонийного азота в водохранилище свидетельствуют о повышенном риске загрязнения его хозяйственно-бытовыми водами. Несмотря на то, что СЭС не подтверждает присутствия возбудителей заболеваний, есть смысл обсудить с жителями опасность использования водохранилища для купания детей.

Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм<sup>3</sup> снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Пораженная рыба мечется по воде и выпрыгивает на поверхность. Чтобы собрать дополнительную информацию и привлечь к сотрудничеству рыбаков, при помощи клуба «Рыболов-спортсмен» можно провести опрос его членов, чтобы выяснить особенности поведения рыбы, весенних заморозов мальков на протяжении последних лет. Необходимо заинтересовать поклонников Аксакова и Сабанеева в сотрудничестве, тем более, что среди владельцев дач тоже есть члены клуба.

Полученной информации достаточно для организации круглого стола с участием представителей СЭС, комитета по охране природы, садово-огородного товарищества, клуба «Рыболов-спортсмен». Для заседания можно подготовить листовку с интерпретированными результатами анализов, ксерокопии главы об обустройстве выгребных ям из книги «Что делать со сточными водами» [75], ксерокопию требований к санитарной охране водоемов из «Справочника помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога» [76]. Можно предпринять попытку распределения обязанностей в отношении продолжения наблюдений, обеспечения поселка услугами ассенизационной службы (ЖКХ) и т.д.

Уход от дискуссии по поводу десятых долей микрограммов к обсуждению реальной опасности и возможных решений не противоречит принципам экологического мониторинга, а напротив, усиливает позиции общественности.

### *Качественные и полуколичественные методы*

Важные выводы, связанные с отрицательным воздействием на окружающую среду, можно делать и без использования результатов количественных измерений.

Обратимся к производственному экологическому мониторингу. Одним из весьма действенных методов здесь является экологическое картирование или составление ситуационных планов [77-80].

Применение картирования в экологическом мониторинге основано на подготовке набора тематических карт-схем, отражающих источники и характер воздействия на окружающую природную и производственную среду. При применении этого метода, как правило, разрабатываются отдельные карты-схемы для отражения проблем, связанных с потерями энергии, загрязнением воздушной среды, грунтов и подземных вод, поверхностных водных объектов, с нерациональным размещением мест накопления отходов и др. Применение качественных методов при производственном экологическом мониторинге позволяет идентифицировать те источники и факторы воздействия, которые, как правило, не получают отражения в стандартной (типичной) экологической документации: проектах томов предельно допустимых выбросов, сбросов, расчетах лимитов размещения отходов и т.п. Картирование позволяет делать эту информацию наглядной, связывать воздействие с его источниками, выявлять наиболее часто возникающие проблемы и приоритетные, с точки зрения масштабов и значимости воздействия, участки. Значительная доля факторов воздействия возникает при изменении сырья, модификации процедур (или вследствие их нарушения). Экологическое картирование в ходе аудита можно использовать для ранжирования проблем, разработки рекомендаций и определения «горячих точек» производства, а также при контроле за выполнением решений.

В качестве иллюстрации приведем результаты экологического картирования промплощадки предприятия электротехнической отрасли. На рис. 7 и 8 приведены результаты экологического картирования мест размещения отходов, состояния вентиляционного оборудования и потерь вспомогательных веществ одной из производственных площадок предприятия электротехнической промышленности, выполненные, соответственно, в ходе предварительной экологической оценки и по результатам деятельности предприятия за 6 месяцев. Как видно по приведенным картам-схемам, за полгода сотрудникам предприятия удалось исключить или значительно снизить воздействие на окружающую среду многих идентифицированных методом экологического картирования источников. Метод картирования позволил не только выявить основные типы нарушений, но и определить ответственность за них.



Общественные организации и учебные заведения также могут с успехом применять приемы экологического картирования. Источники воздействия можно обнаружить визуально или с помощью простых методов и недорогих приборов. Так, можно зарегистрировать выбросы газов с резким запахом, плотный дым от различных предприятий, свалки бытового и промышленного мусора, радужные пятна на поверхности воды или дохлую рыбу на берегу. Несложно обнаружить те места на берегах рек, где автолюбители моют свои машины, а возле детских садов, школ или больниц — выявить участки дорог с сильным движением.

Очень важно документировать свои наблюдения. Для этого годятся фотографии и записи результатов простых расчетов, например, подсчета плотности автомобильного потока в конкретном месте магистрали, свидетельств очевидцев. Ссылки на такие материалы или результаты могут быть представлены на картах. Все эти «открытия» под силу общественным экологическим организациям, а, представленные с помощью простейших карт, они помогут активно бороться с экологическими нарушениями. Эти материалы могут быть направлены в местные природоохранные органы, санэпидслужбу и обсуждены с ними.

При использовании простых, например, полуколичественных методов анализа тоже можно сделать важные наблюдения и выводы. Приборы УГ-2, «Пчелка», портативные газоанализаторы фирмы Dräger вполне доступны и позволяют регистрировать транспортное загрязнение, фиксировать факты значительного превышения ПДК<sub>мр</sub> на границах санитарно-защитных зон. Информацию о возможностях прибора УГ-2 можно найти в литературе [57]. Хотя точность переносных приборов и невелика, но с их помощью можно определить, например, что концентрация оксида углерода (угарного газа) возле магистрали вблизи школы в часы пик в несколько раз выше, чем ночью, когда движение затихает. Особенно ценно, если вы подскажите способ решения экологической проблемы, например, возможность перенаправить транспортный поток по другому переулку. Если вы получите данные о заболеваемости детей респираторными заболеваниями в этой школе и сумеете показать, что эта заболеваемость выше, чем в районах с более чистым воздухом, это будет хорошим аргументом для принятия администрацией района или города серьезных решений по защите здоровья детей.

Однако интерпретация результатов, полученных с использованием полуколичественных и качественных методов, требует особой осторожности. При получении сенсационного результата необходимо проверить его более точными методами.

### *Несколько слов о прогнозировании*

Говоря об интерпретации полученных результатов, мы имеем в виду некоторую аналогию тому виду деятельности, который в структуре госу-



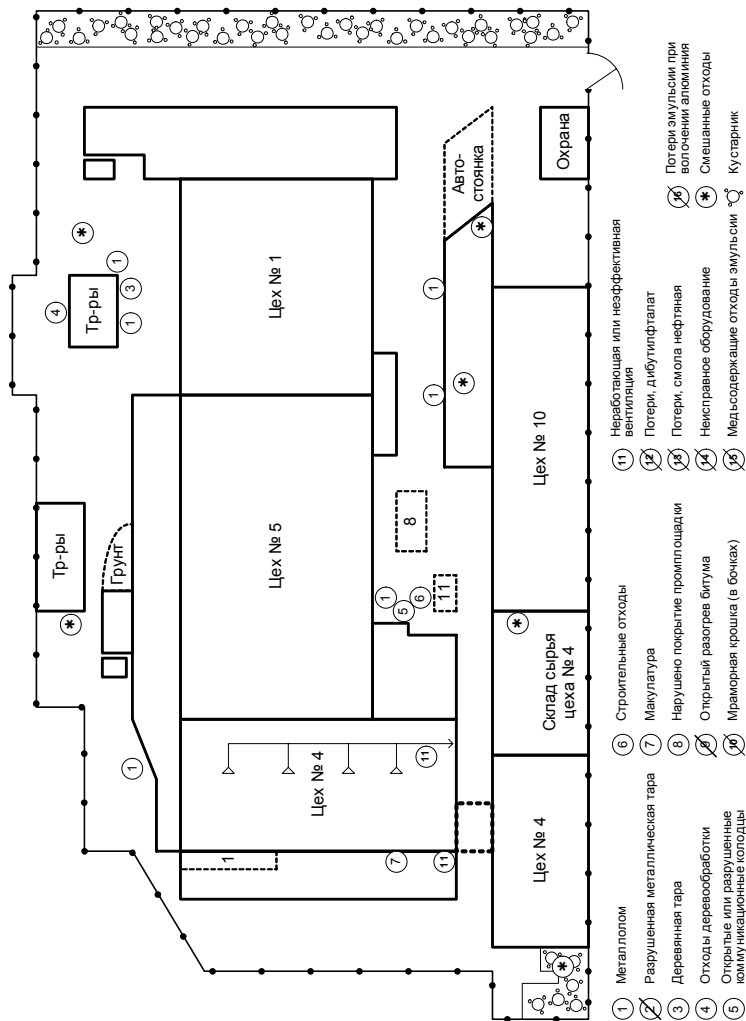


Рис. 8. Результаты экологического картирования производственной площадки предприятия электротехнической промышленности, январь 2000 г.

дарственной системы мониторинга определен как «Оценка фактического состояния» (см. рис. 1).

Следующий этап — прогноз. Это весьма трудная и наукоемкая проблема. Для обоснованного прогноза, как правило, необходимы длительные ряды наблюдений за экологическим состоянием объекта, знание условий на фоновых участках, наличие точных данных о характере и объемах антропогенных воздействий. Прогнозы обычно делают с использованием различных математических моделей. Делать научно обоснованные прогнозы состояния экологических систем силами общественных экологических организаций, как правило, задача трудновыполнимая.

И все-таки прогноз в некоторых ситуациях возможен, причем для этого требуется только наблюдательность, здравый смысл и умение анализировать общеизвестные данные. Приведем несколько примеров.

В одной из верхневолжских областей расположен национальный парк, на территории которого в течение ряда лет случались лесные пожары, в основном, из-за того, что горел торф на месте осушенных болот. Например, в 2000 г. было 7 пожаров. Выгорело 14 га леса. На следующий год лето случилось дождливое, и не было зафиксировано ни одного крупного пожара, что дало основание руководству рапортовать об эффективности противопожарных мероприятий. (Речь шла о том, что была построена высокая вышка, откуда велось наблюдение).

Лето 2002 г. выдалось сухим и жарким. Случилось уже 22 пожара и выгорело 28 га леса. Этого следовало ожидать. Опытные работники парка предупреждали о том, что надо что-то делать с сухими болотами. Их прогноз, основанный только на опыте и наблюдательности, оказался верным.

Другой пример. Одно из средних водохранилищ Центральной России сильно «зацвело» в 1996 г., когда уровень воды в нем был ниже средне-многолетнего значения. Общественная экологическая организация провела исследование, в ходе которого было установлено, что большая часть биогенных элементов, которые и способствуют «цветению» водных объектов, поступает с недоочищенными хозяйственно-бытовыми водами и поверхностным стоком с приусадебных участков. В июле–августе в водохранилище бурно развивались «синезелены» (в том числе, и токсичные) водоросли. Обнаруженные экологами-общественниками основные источники поступления биогенных веществ стабильны. Следовательно, интенсивность «цветения» воды будет зависеть от водности года, т.е. от уровня воды в водохранилище. Таким образом, можно смело **прогнозировать** неблагоприятный экологический режим в водохранилище и ставить вопрос об уменьшении поступления биогенных веществ, например, за счет доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод, а также обсуждать с врачами городской СЭС превентивные меры с целью предот-

вратить вспышку желудочно-кишечных и кожных заболеваний из-за ухудшения качества воды в водохранилище при его «цветении».

А вот еще один пример из несколько необычной области. Тщательная оценка потребления энергии одним из предприятий строительной отрасли позволила получить еженедельные и ежемесячные графики, выделить долю энергии, использованной на производственные и на бытовые нужды и т.д. Было установлено, что удельный объем энергопотребления несколько снизился за два последних года. Однако, сопоставление достигнутых результатов с экологическими показателями результативности аналогичных европейских компаний показало, что энергоемкость российского предприятия в 2-3 раза выше. Прогноз в этом случае достаточно очевиден: при росте цен на энергоносители предприятие встанет перед серьезными проблемами, а при последующей интеграции России в мировое экономическое сообщество рыночная позиция российского аналога станет крайне невыгодной. Впрочем, время для принятия мер еще есть, что делает прогноз более оптимистичным.

### *Некоторые рекомендации*

Здесь мы сформулируем общие рекомендации для организаций, занимающихся экологическим мониторингом источников и факторов воздействия. По большей части они адресованы общественным организациям и учебным заведениям. Но, если задуматься, они окажутся небезынтересными и тем, кто работает на производственной площадке. Итак,

- неукоснительно выполняйте методические требования, предъявляемые к пробоотбору, пробоподготовке, протоколированию наблюдений и проведению анализов;
- четко знайте возможности применяемых методов исследования;
- используйте только достоверный численный материал;
- проводите метрологическую оценку и представляйте результаты измерений в виде средних величин со стандартными отклонениями;
- используйте возможности безаппаратурной (визуальной, органолептической) регистрации эффектов воздействия;
- при проведении наблюдений, оформлении и обсуждении результатов, наряду с данными анализов, шире используйте картирование, фото- и видеосъемку, интервьюирование местных жителей, особенно старожилов и очевидцев;
- при получении сенсационных результатов до их опубликования обязательно организуйте тщательную проверку результатов, обращайтесь за консультацией к специалистам, к другим организациям, имеющим большой опыт работы;

- тщательно ведите архив вашего проекта, храните первичные результаты исследований и обсуждайте их с коллегами и специалистами.

*Каждая организация обычно имеет свою сферу интересов, свои объекты, свой опыт работы и взаимодействия с государственными службами. Мы уверены, что чем выше профессиональный уровень вашей работы, чем активнее вы сотрудничаете с коллегами и специалистами, тем ценнее ваши результаты, тем выше ваша репутация.*

## Представление и использование результатов\*

Итак, долгожданные результаты получены и интерпретированы самым тщательным образом. Наступило время представить их на суд широкой аудитории: руководству предприятия, местным природоохранным органам, специалистам-экологам, пользующихся авторитетом в вашем регионе, общественности. От того, как вы это сделаете, решающим образом зависит судьба ваших результатов, будут ли они признаны специалистами и использованы в принятии решений или останутся без внимания.

В последнее время внимание руководителей зарубежных компаний привлечено к возможностям совершенствования рыночной позиции за счет повышения открытости, развития экологической и социальной деятельности предприятий, подготовки и публикации открытой отчетности в области охраны окружающей среды. Один из получающих все большее международное признание вариантов — подготовка интегрированной отчетности по модели отчетности в области устойчивого развития, включающей экономическую, экологическую и социальную информацию.

В Российской Федерации сделаны лишь первые шаги в этой области. Так, компании, ориентирующиеся на крупных потребителей, представляющих международный бизнес, осознают, что их клиенты и партнеры большое внимание уделяют вопросам открытости и принципам устойчивого развития.

Другую целевую аудиторию, заинтересованную в получении информации о социальном, экологическом и экономическом развитии предприятий, составляют органы местного управления, государственные контролирующие органы, предприятия региона, общественные организации и население в целом. Не следует забывать и о специалистах пред-

---

\* Вопросы, связанные с представлением и использованием экспериментальных результатов, рассматриваются здесь лишь в контексте возможностей общественного экологического мониторинга.

приятий, а также о тех, кто в будущем сможет пополнить ряды сотрудников.

Формат отчетности зависит от масштабов деятельности компании, особенностей воздействия на окружающую среду, целевой аудитории. Естественно, должны быть использованы различные способы распространения информации. Открытая отчетность может публиковаться наряду с материалами, способствующими мотивации персонала, вовлечению сотрудников в обеспечение качества, в экологически значимую деятельность и т.п. в заводских газетах, в районной и областной прессе, на сайте компаний в сети Интернет. Для корпоративных клиентов, потенциальных партнеров, представителей органов власти можно рассматривать возможность подготовки печатной версии, вероятно, сокращенной, в форме буклета.

Теперь проанализируем возможные способы представления и использования данных общественного экологического мониторинга, обсудим основные способы, которые позволят наиболее эффективно использовать ваши результаты, сделать их реальным инструментом, влияющим на формирование региональной экологической политики.

Способы представления данных, так же как и возможности их использования, зависят, в первую очередь, от аудитории, на которую вы работаете. Поэтому прежде всего необходимо четко определить круг лиц, которых вы надеетесь заинтересовать результатами вашей работы. Как правило, общественные организации, работающие в области экологического мониторинга, адресуют свои результаты лицам, принимающим решения, специалистам в области охраны природы и широким слоям общественности. Эта широкая аудитория состоит из групп различной степени подготовленности, различного уровня информированности, с различной готовностью воспринять ваши результаты, — от узких специалистов в конкретных областях экологии до лиц, принимающих решения; от академических ученых, занимающихся глобальными проблемами, до домохозяек, проявляющих интерес к состоянию окружающей среды в своем районе.

По нашему опыту, если вы обращаетесь к широкой и разнообразной аудитории, не следует экономить ресурсы на представлении результатов. Такая «экономия» на практике оборачивается малой эффективностью использования данных, полученных вами ценой значительных усилий. Следует готовить информационные материалы нескольких уровней сложности и детализации, адресованные различным типам аудитории. Опыт показывает, что для того, чтобы вашу информацию восприняли все заинтересованные лица и те круги, которым она адресована, обычно необходимо подготовить материалы трех-четырех уровней (сложности, наполненности).

### Научно-технический отчет

Наиболее полная и подробная информация, естественно, должна содержаться в научно-техническом отчете. В нем следует изложить цель вашей работы, конкретные решаемые задачи, процесс исследования, полученные вами данные (если их много, изложите их в приложении), отразить вашу точку зрения, позицию, другие мнения, даже если они не совпадают с вашими, дать аргументированную интерпретацию результатов, привести выводы и рекомендации. Научно-технический отчет обычно ориентирован на довольно узкий круг специалистов. Этот документ должен быть написан в относительно сухом, незэмоциональном стиле. Следует иметь в виду, что хороший отчет должен быть понятен. Не перегружайте его излишними специальными терминами, а если их приходится использовать, то поясняйте их значение. Помните, что надо не только хорошо выполнить работу, но и внятно изложить ее. Поэтому не жалейте времени на подготовку отчета, привлекайте специалистов.

Оформление результатов в виде полного отчета — первый этап представления результатов, опускать который нельзя, даже если вы не намерены далее широко публиковать его. Несмотря на очевидность этого

---

---

Встреченная авторами в предварительном варианте одного из Государственных докладов и изумившая авторов фраза «контаминация поллютантами» означала не что иное, как «загрязнение вредными веществами».

---

---

оформление результатов ограничивается записями в лабораторных журналах (причем в черновом варианте). Такой подход недопустим.

Ваш отчет — это *основной документ*, которым вы можете оперировать. От его качества решающим образом зависит возможность использования ваших результатов. Даже если вашей единственной целью является публикация результатов в местной газете, нельзя выносить на суд общественности результаты, не имеющие строгого документального подтверждения. Использование отдельных протоколов возможно, если вы проводите разовые измерения, не претендуя на организацию продолжительной программы мониторинга. Причем даже в этом случае кроме протоколов измерений необходимо дать трактовку ваших результатов, предложить выводы и рекомендации. Если же вы проводите регулярные экологические исследования по программе общественного экологического мониторинга, вам необходимо регулярно оформлять ваши результаты в виде отчетов.

правила, нередко общественные организации просто «забывают» представить полученные данные в виде отчета. В лучшем случае, на свет появляются разрозненные протоколы отдельных исследований. Иногда



Формат научного отчета хорошо известен любому исследователю. Тем не менее, неоднократно случалось, что даже сильные и хорошо известные научные коллективы пренебрегали обязательными требованиями и представляли неаккуратно оформленные и плохо структурированные материалы. Использование таких материалов в качестве основы для принятия решений оказывалось весьма затруднительным. Поэтому мы еще раз повторим советы по оформлению научно-технического отчета.

Прежде всего, перед написанием отчета составьте его подробный план, чтобы не пропустить ничего важного. Грамотно составленный отчет должен отражать **все** этапы работы.

Следует предварить отчет введением, излагающим суть исследуемой проблемы, цель работы и основные решаемые вами задачи. Выводы и рекомендации пишут отдельно в конце отчета, чтобы можно было понять суть работы, не читая отчета целиком, а прочитав только введение и выводы. Естественно, загруженность этих разделов специальной терминологией существенно ниже, чем всего отчета в целом.

Если отчет содержит более 5 страниц текста, следует написать аннотацию, в которой излагаются основные результаты проведенных работ, выводы и рекомендации. Аннотация может послужить основой для информационных материалов, предназначенных для более широкого круга заинтересованных лиц.

Очень важно четко и ясно сформулировать **цели и задачи** работы. Помните, что для читателя отчета ваша цель останется загадкой, если не изложить ее в явном виде. Надо обосновать актуальность вашей работы. Четкие формулировки принесут пользу и вашей группе: многие работы по общественному экологическому мониторингу, к сожалению, отличаются отсутствием общей стратегии. Их качество могло бы серьезно повыситься, если бы группа в начале исследования задумалась о цели работы и постаралась поставить ее как можно более определенно. Другими словами, эта часть отчета должна отражать результаты предварительной работы, проделанной на стадии разработки программы мониторинга.

Затем должен следовать **обзор известных и доступных данных и анализ ситуации**. Маловероятно, чтобы проблема, которую вы собираетесь поднять, никогда и никем не была исследована. Даже если вы поднимаете новую для региона проблему, постарайтесь найти аналоги в отечественной и мировой практике. Разумеется, изучая состояние окружающей среды вблизи хозяйственных объектов, следует провести как можно более полный анализ возможных воздействий.

В отчете обязательно должны быть описаны **использованные методики** (или дана ссылка на доступный литературный источник, содержащий их описание). Без этой информации оценить ваши результаты практически невозможно. Если в работе необходимы лабораторные исследования, которые вы не можете выполнить самостоятельно, и приходится обра-

щаться в исследовательские лаборатории, обратите особое внимание на строгость оформления результатов, полученных по вашему заказу. Помните, что за работу в целом несет ответственность ваша организация. Ссылка на авторитет лаборатории, представившей некорректно оформленные результаты, будет звучать неубедительно и не будет содействовать достижению конечной цели — эффективному использованию вашей информации в формировании территориальной экологической политики.

Отчет должен содержать весь **фактический материал**, включая протоколы отбора проб и лабораторных испытаний. Для того, чтобы отчет был более «читабельным», лучше вынести первичную документацию в приложения, а в основной части представить результаты в виде сводных таблиц, более удобных для интерпретации. Подробная **интерпретация** результатов — также необходимая составляющая научного отчета. Правила, которые следует соблюдать на этой стадии, описаны в предыдущем разделе.

И, наконец, особое внимание следует уделить разделу «**Выводы и рекомендации**». В современной практике подготовки отчетов этот раздел считается особенно важным и иногда составляет до трети объема всего отчета. Нередко научные коллективы, ведущие исследовательские работы, ограничиваются констатацией проблем. Необходимо в сжатом виде изложить результаты работы, дать оценку ситуации. Чтобы ваши результаты использовались с возможно большей эффективностью и действительно оказали влияние на формирование территориальной экологической политики, необходимо предложить рекомендации по улучшению ситуации. Это значительно снижает риск оказаться в положении людей, критикующих и не предлагающих конструктивного решения. При составлении рекомендаций нужно помнить, что они должны быть реально выполнимы.

### *Информационные материалы для широкой аудитории*

Но вот научный отчет написан. Что делать дальше? Следует четко представлять, что один и тот же материал может быть представлен различными «жанрами». Это может быть газетная статья (причем газеты, как мы знаем, бывают разные), статья в массовый журнал, журнал для «узкой» аудитории, например, для специалистов. Это может быть докладная записка в администрацию города или подготовленный сюжет для телевидения. Возможны и другие варианты представления вашего материала.

Типичная ошибка, которую делают многие общественные организации, заключается в том, что они не учитывают формы представления материала для различных аудиторий. И тогда в газетных статьях могут появиться длинные столбцы цифр, с большим трудом воспринимаемые

читателями, а в кабинетах государственных учреждений — толстые отчеты, которые никогда не будут прочитаны адресатом. Описанные ситуации, несмотря на их очевидную нелепость, на самом деле достаточно типичны. Еще более типичны случаи, когда даже хорошо сделанная работа, с надежными результатами и разумными выводами, попадая в средства массовой информации, полностью теряет свои достоинства, превращаясь в набор случайных, иногда сенсационных фактов и цифр, потерявших достоверность вследствие хаотичной подборки и некорректной интерпретации.

Приступая к подготовке информационных материалов для более широкой аудитории (например, лиц, принимающих решения, и общественности), не следует ограничивать свою работу простым дублированием аннотации, содержащейся в отчете. Для того, чтобы ваши информационные материалы пользовались успехом, следует подготовить специальный «аннотационный» отчет или дайджест, полностью отражающий все ключевые моменты исследования. В его основу может быть положена аннотация научно-технического отчета, расширенная и дополненная необходимой информацией из других его частей. Из этого отчета могут уйти технические детали и специальные термины, может (и должен) измениться и стиль изложения. Однако ни в коем случае не должна исчезнуть существенная информация, необходимая для подготовки и принятия решений. Так, выводы исследования должны быть воспроизведены полностью. Все существенные детали также должны найти отражение в аннотационном отчете (хотя бы в виде упоминания). Фактический материал лучше привести полностью — в виде сводных таблиц или графиков для большей наглядности. Если таблицы получаются слишком громоздкие, можно ограничиться указанием характерных параметров (не только средних, но и экстремальных).

При подготовке информационных материалов необходимо учитывать специфику каждой из групп, которой вы адресуете свой материал. Эти материалы могут отличаться не только способом подачи, но частично и содержанием. Другими словами, информация должна быть адресной. Так, например, апеллируя к общественности, вы можете (и должны) предложить рекомендации, несколько отличные от тех, которые вы предлагаете для лиц, принимающих решения. Такая дифференциация оправдана и, с нашей точки зрения, необходима, поскольку способы действий и реальные рычаги влияния на ситуацию у этих групп интересов существенно образом различаются. При этом не следует ориентироваться исключительно на возможности государственных административных структур и недооценивать возможности общественности, в особенности организованной. Административные и политические решения, принимаемые ответственными лицами, имеют существенные, но ограниченные рычаги влияния на состояние окружающей среды. Возможности,

которыми располагают население и общественные организации, — совершенно иные и подчас совсем не меньшие.

Речь здесь идет не только о влиянии на органы власти или об организации коллективных мероприятий, но и о поведении в быту. Не следует забывать, что решения, от которых зависит качество окружающей среды, и особенно характер ее влияния на здоровье населения, принимаются на различных уровнях, — от международного до индивидуального. При этом решения, принимаемые на индивидуальном уровне, могут быть весьма простыми, например, из какого источника брать воду, как ее хранить, как готовить к употреблению. Но для принятия правильных решений граждане должны располагать необходимой и достаточной информацией.

---

В рамках опроса представителей государственных контролирующих органов и неправительственных организаций стран Аральского региона был задан вопрос о том, в какой степени решения, принимаемые на различных уровнях, определяют качество питьевой воды. Значительное большинство участников опроса предположили, что наиболее значимы решения, принимаемые на международном и национальном уровнях; региональный и местный уровни играют меньшую роль. Индивидуальные же решения вообще не принимались во внимание большинством респондентов. В то же время результаты исследований, проведенных ЮНИСЕФ в развивающихся странах, свидетельствуют о том, что в наибольшей степени на качество питьевой воды у потребителя влияют решения, принимаемые на индивидуальном уровне. Может показаться несколько неожиданным, что подобные соображения актуальны и для некоторых регионов России. Так, многие подземные горизонты, используемые для водоснабжения, характеризуются повышенным содержанием фтора, что может сказаться на состоянии здоровья. Наиболее подвержены заболеванию флюорозом дети (на эмали зубов появляются типичные темные полоски и пятнышки). Информация, необходимая для принятия решения на индивидуальном уровне, в данном случае состоит в том, что на основании проведенных химических исследований жителям можно порекомендовать отказаться от использования фторированной зубной пасты. Кроме того, полезно отстаивать воду, предназначенную для приготовления пищи для детей, в емкостях, на дно которых помещен слой мела (или фильтровать через сито с насыпанной в него меловой крошкой).

---

Наконец, еще один уровень информации предназначен для людей, интересующихся проблемами экологии, но не имеющих времени или

достаточных навыков для детального изучения пространственных документов. Для такой аудитории предназначены короткие информационные материалы: газетные статьи, листовки, популярные буклеты. Специфика этих материалов не дает возможности углубляться в детали. Для оценки качества представления информации на этом уровне можно предложить следующие основные критерии:

- доступность изложения;
- достоверность и полнота выводов;
- адекватность рекомендаций.

Авторы с сожалением вынуждены констатировать, что в этой части информационной работы имеются колоссальные пробелы. Средства массовой информации, в том числе и официальные, очень часто предоставляют некачественную, недостоверную информацию.

---

---

После пожара на одном из крупных предприятий в городе М. во всех комментариях в прессе сообщалось о том, что ситуация не представляла опасности, поскольку концентрации оксидов азота и оксида углерода не превышали нескольких ПДК (по данным на разные моменты времени — от 1,5 до 5). Поскольку состояние атмосферного воздуха в крупных городах практически никогда не соответствует гигиеническим нормативам, подобные отклонения трактовались как вполне допустимые. Естественно, ни в одной газете не указывалось, с какими именно ПДК проводилось сравнение.

Только тщательный анализ ситуации, включавший серию бесед с официальными лицами, позволил установить, что речь шла о сравнении с максимально-разовыми предельно допустимыми концентрациями (рассчитанными на воздействие в течение 20 минут). Рекомендации же, следовавшие за приведенными данными, адресовались жителям кварталов, подвергавшихся воздействию вредных веществ в концентрациях порядка 1,5-5 ПДК<sub>мр</sub> в течение нескольких дней.

Естественно, такую подачу «информации для общественности» нельзя назвать корректной. В частности, рекомендации населению должны были носить несколько более жесткий характер, в особенности в отношении групп риска (детей, беременных женщин, людей, страдающих аллергическими заболеваниями и др).

---

---

Есть некоторые характерные ошибки, которые часто делают как официальные органы, так и общественные организации, представляя данные в виде «публикаций для общественности». В частности, это некорректные сравнения с неприменимыми в рассматриваемых ситуациях

нормативами, неполнота информации, ее искажение при интерпретации, в редакторской обработке, и т.д. Недоговоренности и пропуски в представляемой информации немедленно спровоцируют домыслы среди местного населения, — «природа не терпит пустоты»...

В целом предложенный подход многоуровневой подачи информации, собранной с использованием методов общественного мониторинга, можно проиллюстрировать на конкретном примере (см. врезку).

---

Завод К., расположенный в городе В., — предприятие, использующее для производства щелочей устаревшую технологию с использованием металлической ртути и служащее постоянным источником ртутного загрязнения окружающей среды. Естественно, это предприятие является также и объектом серьезного социального напряжения, давно перешедшего в фазу острого конфликта. Для поиска социально и экологически приемлемых путей его решения силами общественных организаций были организованы общественные слушания. К слушаниям силами группы общественных организаций была проанализирована доступная официальная информация и получены дополнительные данные. Результаты этой работы были представлены в виде информационных материалов четырех уровней, а именно:

- *листочки-воззвания* (с незначительной долей фактического материала), имеющие целью привлечение интереса жителей района, в котором расположено предприятие, к участию в обсуждении проблемы;
- *краткое резюме* (по типу пресс-релиза), содержащее некоторый цифровой материал, основные выводы, и также призванного заинтересовать студентов, старшеклассников, преподавателей техникума в участии в разговоре, имеющем непосредственное отношение к месту их жительства и, возможно, к будущей профессии;
- *брошюра, содержащая все разделы, отражающие ранее поставленные задачи заключительного этапа проекта* (с полным фактическим материалом и анализом всей информации, доступной в местных и центральных источниках), для использования общественными организациями, занимающимися проблемами ограничения промышленного воздействия на природные комплексы и на состояние здоровья населения, а также собственно вопросами загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами;
- *брошюра, дополненная протоколами отбора, подготовки, анализа проб, первичным обсуждением результатов и изложением проблем экологических исследований*, для дискуссии с официальными лицами и для использования подготовленными общественными организациями.

В результате обсуждений, в которых участвовали представители предприятия, государственных контролирующих органов и общественности, был составлен план совместных действий, направленный на снижение загрязнений. В этом плане были распределены обязанности между всеми участниками диалога.

---

Возникает вполне резонный вопрос: если информационные материалы, ориентированные на разные аудитории, могут существенным образом отличаться, есть ли гарантия идентичности содержащихся в них сведений? Может ли население быть уверено, что листовки и пресс-релизы, специально подготовленные для неспециалистов, адекватно отражают содержание научно-технического отчета? Мы полагаем, что единственной гарантией идентичности материалов служит открытость всей информации о состоянии окружающей среды. Общественности, так же как и другие группы интересов, должна иметь возможность ознакомиться с документами всех уровней.

Как уже отмечалось, стремление оградить себя от вмешательства «некомпетентной общественности», попытки не давать ознакомиться с информацией, содержащейся в научно-технических отчетах, как правило, неэффективны. В то же время сама возможность ознакомиться со всей имеющейся информацией создает атмосферу взаимного доверия. Воспользоваться же материалами научно-технического отчета людям, действительно некомпетентным, в реальной жизни совсем не просто: для того, чтобы освоить содержащуюся в отчете информацию и сделать выводы, нужна определенная квалификация. Так что возможности злоупотребления доступом к исходным материалам в вопросах экологии сильно преувеличены. Только политика открытости способствует снижению социальной напряженности.

Как было сказано выше, основная задача общественного экологического мониторинга заключается в создании дополнительных информационных каналов. Именно наличие таких каналов может оказаться тем фактором, который заставит все стороны, располагающие информацией о состоянии окружающей среды, соблюдать правила честной и открытой игры. Естественно, такое возможно только в том случае, если ваш проект по общественному экологическому мониторингу привел к получению достоверной информации.

# Партнеры, союзники, оппоненты

## Как организовать сеть

*Целое неизмеримо больше суммы его частей.*  
Аристотель. «Категории»

Естественной потребностью группы, работающей в области экологического мониторинга, является общение с коллегами, занятыми аналогичной деятельностью. Обмен информацией, обсуждение результатов и планов, — необходимые условия развития общественных групп экологического мониторинга. Подчеркнем, что изолированность в работе приводит чаще всего к деградации. Основой для создания сети групп мониторинга являются близкие по сути проблемы, единство методологии, важность обмена информацией и опытом работы. Если общение между группами сопровождается регулярными встречами по обмену опытом, совместными действиями, конференциями, слетами и т.п., если у вас налажены заочные способы общения (например, по электронной почте), то в результате такая сеть мониторинга будет функционировать эффективнее отдельных групп.

Проще всего создать локальную сеть — в городе, районе. Ее легче координировать, для встреч и общения необходим минимум затрат, у групп много общих и пересекающихся интересов, некоторые члены групп хорошо знакомы между собой, что значительно укрепляет связи. Если у вас достаточно ресурсов и накоплен опыт работы локальной сети, при необходимости можно перейти ко второму этапу — созданию межрегиональной сети. Ознакомиться с работой одной из действующих сетей мониторинга можно, например, в сети Интернет по адресу <http://www.caspswatch.ru>.

### *Основные принципы функционирования сети общественного экологического мониторинга межрегионального (международного) уровня*

#### **1. Единство целей**

Цели, которые ставят перед собой разные общественные экологические группы, могут быть весьма различны. Это и проблемы экологического образования, формирование региональной экологической политики, оценка экологической обстановки и уровня воздействия на окружающую среду конкретных предприятий для поиска путей



снижения нагрузки. Хотя цели и соответственно методы работы этих групп могут различаться, в самой организации работы возникают общие проблемы (финансирование, взаимодействие с органами власти, СМИ, общественностью и пр.) Обмен опытом, совместное обсуждение и решение этих организационных проблем весьма полезно.

Не следует недооценивать и обмен результатами работы. Хотя группы решают разные задачи, нельзя забывать, что экология — единая наука. Непосредственный обмен экологической информацией, обсуждение методических вопросов очень полезны, т.к. повышают общий профессиональный уровень участников встреч, расширяют их кругозор.

Для более широкого информирования можно проводить конференции 1 раз в год или через два года, организуя несколько секций по направлениям (мониторинг, воспитание, формирование политики, работа со СМИ и пр.) На конференциях важно устраивать тематические заседания, круглые столы. Такие встречи требуют средств и поддержки со стороны органов власти, широкого освещения в СМИ. Значение этих встреч велико: общественные организации чувствуют свою значимость, возрастает их влияние на лица, принимающие решения.

Однако стоит отметить, что при разных целях и задачах у групп будут и разные методы, используемые для организации мониторинга, а также формы работы с его результатами. Поэтому реальное взаимодействие легче, если эти цели и задачи более однородны.

*Сеть будет более устойчивой, если ее участники тесно общаются и ставят перед собой сходные цели.*

## **2. Общая методология**

Единство приемов и методов работы (в частности, использование апробированных методик) — важная составная часть работы сети. Известно, что использование различных методик исследования часто приводит к получению несопоставимых результатов.

*При введении в практику работы новых, ранее не использованных вами методов необходимо исследовать вопрос сопоставимости результатов.*

Применение единых методик и подходов существенно облегчает организацию *взаимопомощи между участниками сети*. Во многих случаях наиболее хорошо подготовленные и опытные участники могут оказать неоценимую помощь своим коллегам. Консультации, ответы на технические вопросы могут быть заочными; наиболее типичные проблемы следует выносить на широкое обсуждение, например, в ходе семинаров и рабочих встреч.

### 3. Работа над общими программами и проектами

Даже в том случае, если участники сети решают, в основном, разные проблемы, продуктивна работа над общими программами или проектами. Совместные проекты способствует укреплению взаимодействия групп общественного экологического мониторинга. Такими объединяющими направлениями могут стать образовательные программы, программа контроля качества измерений\*. Надежность и сопоставимость данных является основой функционирования любой системы мониторинга, необходимо тщательно контролировать качество результатов, получаемых участниками сети. Неадекватные результаты (в том числе неверная схема организации мониторинга или некорректная интерпретация данных) могут дискредитировать всю работу в целом.

*Естественно, в тех случаях, когда просматривается возможность более тесного взаимодействия участников сети, ее необходимо реализовать.*

### 4. «Децентрализованное взаимодействие»

Сетевая структура, где участники общаются «по горизонтали», как правило, более устойчива и не требует значительных затрат на координацию. Поэтому чрезвычайно важно организовать непосредственное взаимодействие всех участников сети. Необходимо выявлять общие интересы участников. Эффективно стимулируют такое взаимодействие уже упомянутые деловые встречи (конференции, семинары, рабочие совещания и пр.) Хорошо организованная встреча может дать значительно больший результат, чем многолетние заочные контакты.

*Основной функцией координирующей структуры должно быть методическое обеспечение и организация общих программ.*

### 5. Способность к саморазвитию

Важным показателем устойчивости сети (а косвенно — и ее эффективности) является способность к саморазвитию. Особенно показательно развитие сети «вширь», когда новые члены находят собственные ресурсы для организации проектов, осуществляемых в рамках общей сети. Такое развитие, как правило, свидетельствует о верно выбранной стратегии развития сети, актуальности ее существования. Если в вашей сети появляются новые участники, — вы на верном пути. Если этого не происходит, постарайтесь проанализировать причины. Скорее всего, вам удастся установить важные пробелы в вашей работе.

---

\* Под контролем качества измерений авторы подразумевают различного рода интеркалибрации, анализ «шифрованных проб» и другие мероприятия, позволяющие оценить достоверность фактического материала.

## Как найти союзников: рекомендации для общественных организаций

### *Население: как преодолеть безразличие?*

Человеку свойственно стремиться к здоровой и обеспеченной жизни без потрясений. Люди устали от социальной нестабильности, экономических проблем, потока пугающей информации в прессе.

Успех взаимодействия с населением обеспечивается, прежде всего, наличием ясной, социально ориентированной цели. Найдите именно ту струнку, которая затронет интересы группы людей, с которой вы работаете. Это не всегда просто, особенно в нашей перегруженной стрессовыми ситуациями жизни.

Улучшение состояния здоровья населения является декларированной целью большинства предвыборных кампаний. В быту люди также часто и много говорят о здоровье. Однако, по существу, оно не является социальной ценностью. Более того, об индивидуальной ценности здоровья (вашего собственного здоровья!) можно говорить лишь условно, — люди часто просто не обращают внимания на разные «мелочи», продолжая пить воду, непригодную для питья, или купаясь в водоемах, у которых установлены предупреждающие надписи. Но вот здоровье детей — это та проблема, актуальность которой осознают все. Поэтому деятельность, направленная на оценку условий развития и охрану здоровья детей, как правило, вызывает активную поддержку местного населения.

Часто процесс проведения мониторинга привлекает внимание населения, особенно если используются приборы, которые работают в экспресс-режиме. Возьмите на себя труд внимательно ответить на вопросы жителей, наблюдающих за вашей работой. Возможно, что люди, которые к вам обратились, станут в дальнейшем вашими союзниками.

Наиболее подвижной группой населения являются дети. Постарайтесь найти союзников среди них. Для этого с успехом могут быть использованы детские организации. Особенно эффективно можно работать с детьми в области распространения информации. Дети могут оказать существенную помощь и на других стадиях, например, при сборе экологической информации. При правильной организации детям под силу проведение весьма ценных исследований, например, при оценке экологического состояния малых рек, прудов, ручьев [49].

---

Выпускники школ одного из районов Центральной России в течение многих лет успешно выдерживают конкурсные экзамены в химические и биологические вузы. Школьные кружки работают на очень высоком

уровне. Им вполне по силам оказались организация и выполнение программы экологического мониторинга. Удалось найти оборудование, реактивы, но встал вопрос об устойчивости программы, продолжении исследований, результаты которых свидетельствовали не только о профессиональном росте школьников и учителей, но и о некоторых изменениях в состоянии речной экосистемы. Руководство предприятия не проявляло заинтересованности в поддержке энтузиастов до тех пор, пока на одной из конференций не встал вопрос практического использования результатов. «Если вы можете обозначить те участки реки, где купание должно быть запрещено, и объяснить, каковы причины изменений, мы готовы поддержать ваши начинания. Ведь мы — соседи, дети рабочего поселка — это и наши дети», — к такому заключению пришло руководство компании.

---

---

### *Государственные службы: как их убедить?*

Взаимоотношения общественных и государственных организаций — один из ключевых моментов общественного экологического мониторинга.

Существуют два мифа, которые значительно затрудняют сотрудничество общественных организаций с государственными службами:

1. Общественные организации состоят из непрофессионалов, известных своей скандальностью.
2. Государственные службы не заинтересованы в улучшении существующей ситуации, они не берегут природу и наше здоровье.

Есть только один способ преодоления такого «мифологического» мышления: нужно кропотливо трудиться над созданием атмосферы взаимного доверия. Это непросто, нужны постоянные усилия, ежедневная и тщательная работа. Единых рецептов на все случаи не бывает, и все же постарайтесь не становиться сразу в конфронтацию органам власти, не

---

---

Общественная организация, входящая в сеть неправительственного мониторинга и располагающая аттестованным оборудованием для химического анализа состава воды, предложила районному комитету по экологии обращаться к ней для оперативных измерений концентраций загрязняющих веществ, характерных для местных водотоков. Районный комитет, не имея собственной лаборатории, принял это предложение. В свою очередь, комитет предоставил и продолжает предоставлять по сей день сведения о соблюдении научно-технических нормативов (ПДС) предприятиями района.

---

---

начинайте свою экологическую деятельность с угроз судом, разоблачением в СМИ и т.д., не объединяйтесь с радикальными политическими группами, напротив, старайтесь найти союзников как среди простых людей, так и среди представителей власти. А главное, — сделайте что-нибудь результативное, полезное людям, на хорошем профессиональном уровне, чтобы вас уважали; предложите совместную деятельность, не требующую от государственных служб серьезных затрат.

## Предприятие-загрязнитель: возможен ли компромисс?

Напомним еще раз, что экологический мониторинг имеет целью получение необходимой для предотвращения или сокращения антропогенного воздействия информации о состоянии окружающей среды и факторах, определяющих это состояние. Такая постановка цели обуславливает необходимость установления рабочих взаимоотношений между представителями основных загрязнителей — хозяйствующих субъектов (будь то заводы, сельскохозяйственные или муниципальные предприятия), общественных и учебных организаций, осуществляющих программы мониторинга, и специально уполномоченных государственных органов. Если исходить из соображений **злонамеренности** руководителей и сотрудников хозяйствующих субъектов (т.е. считать, что они с умыслом делают зло, сознательно, намеренно наносят вред), то общественным организациям и учебным заведениям придется заняться **злонискательством** (поисками зла, в том числе там, где его нет). Старинные русские слова, истолкованные по В.И. Далю, описывают тактику некоторых групп, использующих приемы экологического мониторинга для преследования руко-

---

---

Во время семинара в К-ом крае представители краевого комитета по экологии не раз высказывали сомнения в подготовленности общественных организаций к совместным действиям с государственными структурами. В ходе детального обсуждения одной из актуальных проблем — проекта строительства завода по переработке ртутных ламп — общественные эксперты ознакомили сотрудников краевого комитета с материалами выполненного ранее обзора по оценке экотоксикологических свойств ртути, рассказали о практике переработки ламп в других регионах России и выдвинули предложения по организации просветительской кампании в СМИ края. По итогам семинара общественная организация и краевой комитет провели общественные слушания, посвященные проблеме переработки ртутных ламп.

---

---

водства предприятий-загрязнителей. Безусловно, есть случаи, когда конфликт, обращение в суд, пикеты хозяйственных объектов могут быть необходимы. Но подходить к стадии конфликта сразу, минуя период мирного развития отношений, не следует.

Представляется, что выиграют все стороны, если начнут развивать свои взаимоотношения на основе сотрудничества. Мы уже обращались к возможности развития производственного экологического мониторинга и разработки экологических показателей результативности компаний. Используя термины экологии, можно сказать, что в этом случае появляется очень интересная и перспективная ниша для общественного экологического мониторинга. Речь идет о наблюдении за теми показателями состояния окружающей среды, улучшение которых ставят своей целью предприятия (см. раздел *Производственный экологический мониторинг*). Кроме того, представляют интерес и показатели результативности менеджмента. В этом случае общественные организации вполне могут стать одной из целевых групп, развитие взаимодействия с которой поддерживает руководство предприятий. За кем первый шаг? Сложно сказать, однозначных решений в таких ситуациях не бывает, тем более, что отечественный опыт еще очень незначителен. Попробуем сформулировать вкратце рекомендации для обеих сторон.

Рекомендации для общественных организаций	Рекомендации для руководства предприятий
<p><b>1. Целесообразно получить максимум информации, не обращаясь к администрации предприятия.</b></p> <p>Существуют литературные сведения, описывающие закономерности технологических процессов, характерные источники и уровни загрязнения окружающей среды различными отраслями промышленности. В Приложении 1 вы найдете сведения, которые могут оказаться полезными для начала такой работы. Разумно побеседовать с жителями близлежащих домов, с бывшими работниками предприятия. Но не становитесь в позицию Шерлоков Холмсов, жаждущих разоблачений.</p>	<p><b>1. Целесообразно детально проанализировать</b> так называемую <b>внешнюю среду</b> компании (в нее входят, в т.ч., партнеры, контролирующие органы, местное население) и оценить, какие группы могут быть заинтересованы в развитии экологически значимой деятельности предприятия (или уже проявили такой интерес).</p> <p>Постарайтесь познакомиться с публикациями в СМИ, с брошюрами и бюллетенями природоохранной направленности. Постарайтесь отойти от позиции неприятия мнений «непрофессионалов», «зеленых» и пр.</p>

Рекомендации для общественных организаций	Рекомендации для руководства предприятий
<p><b>2. Выгодно развивать взаимодействие с государственными контролирующими службами и природоохранными организациями</b></p> <p>Как уже отмечено, общественный экологический контроль является неотъемлемым элементом системы экологического контроля в РФ ([2], стр. 72). Для принятия контрольных мер совершенно необходима адекватная информация о контролируемых объектах, получением которой и заняты организации, посвятившие свою деятельность мониторингу источников воздействия.</p> <p>Природоохранные органы на местах нуждаются в поддержке общественности; они с готовностью воспринимают результаты качественно выполненных работ и предоставляют сведения, необходимые для продолжения общественного мониторинга.</p>	<p>Природоохранные органы заинтересованы в совершенствовании экологической результативности деятельности российских компаний. Местные службы отличает хорошее знание ситуации в регионе, понимание реальных задач деловых кругов, готовность поддерживать инициативную деятельность предприятий. В то же время, вам придется предпринять немало усилий для достижения взаимопонимания, создания атмосферы доверия, сотрудничества. Помните, что именно вы располагаете (или можете располагать) самыми полными сведениями об экологических аспектах деятельности вашей компании. Постарайтесь снискать поддержку, учтите рекомендации и требования природоохранных органов и не забудьте рассказать о достигнутом.</p>
<p><b>3. Необходимо избегать непродуманных обвинений и враждебных высказываний.</b> Помните, что на объекте работают профессионалы, и они — не обязательно ваши враги. Среди сотрудников (не исключено, что и руководителей) предприятия вы обязательно найдете союзников.</p> <p>Помните, что дети главного технолога живут если не в том же районе, то в городе, где расположено предприятие, купаются в реке, в которую поступают сточные воды, и дышат воздухом промышленного центра. Действуйте с позиций информирования и просвещения, взывайте к сознанию и доброй воле. Постарайтесь привлечь к работе экспертов, знающих технологии, используемые на данном предприятии.</p>	<p><b>3. Следует учитывать особенности целевых групп и избегать опрометчивых высказываний.</b> Общественные организации в России профессиональнее, чем где бы то ни было. Вспомните, например, Российское географическое общество или Российское химическое общество. Общественность сотрудничает с ведущими экспертами, принимает интересные исследовательские программы и проекты практической направленности. Недоверие и слухи порождаются недостатком информации или (такое случается) опрометчивым отношением самых различных общественных групп к радикальным «зеленым». Организуйте дни «открытых дверей» для школ, экскурсии для профильных учебных заведений, — и вы найдете серьезных и сильных союзников.</p>

Рекомендации для общественных организаций	Рекомендации для руководства предприятий
<b>4. Следует исходить из реальной ситуации и искать компромиссные решения</b>	
<p>Невыполнимые требования раздражают, не способствуя поиску реального выхода. Перед тем, как потребовать немедленного закрытия предприятия, следует оценить все возможные последствия. Во-первых, многие рабочие лишатся заработка, а город — налоговых поступлений, и часто эти соображения превалируют над экологическими. Во-вторых, неработающий химический завод вполне может превратиться в неконтролируемый источник загрязнения окружающей среды, может быть, не менее опасный, чем работающий завод. Выдвигая требования, предлагайте возможные пути решения и обязательно обозначайте и обсуждайте меру своего участия в поиске этих путей.</p>	<p>Избегайте непродуманных и нереальных обещаний. Не говорите об абсолютной экологической чистоте продукции (такого вообще не бывает!) или об отсутствии отрицательного воздействия на окружающую среду. Популярное (но не популистское) изложение фактов, описание проблем и намеченных путей их решения гораздо привлекательнее, чем декларирование своей исключительности.</p>
<b>5. Необходимо учитывать опыт коллег</b>	
<p>Учитесь на ошибках и достижениях коллег, это позволяет избежать непроизводительных затрат времени и сил. Очень важен позитивный опыт взаимодействия с органами власти и предприятиями. Разумнее всего работать в тесной взаимосвязи с группами, занятыми общественным экологическим мониторингом, особенно с теми из них, кто уже накопил некоторый опыт.</p>	<p>Многие компании-лидеры различных стран мира уже пришли к выводу, что взаимодействие с общественными группами, поддержка программ экологического мониторинга, разработка и распространение открытой экологической отчетности способствуют совершенствованию системы управления и рыночной позиции предприятий. Постарайтесь учесть накопленный опыт. Посетите сайты British Petroleum, National Power, Рязанской ГРЭС, проконсультируйтесь с коллегами.</p>



## Модельные проекты

### Качество воды в вашей реке

*Внизу под обрывом величественно несл в своих хрустальных струях ядовито-оранжевые сточные воды прохладная Китежа.*

Бр. Стругацкие. «Сказка о тройке»

Итак, вы живете в чудесном древнем Китежграде или в юном Технотронске. Город утопает в зелени, он полон старинных построек (новых монстров), жизнь в нем размеренна и прекрасна. Если спросить у жителей, большинство из них среди других достопримечательностей этого дивного места назовет реку Китежу, хоть и не большую, но величавую. Дети со всего города сбегаются к реке, да и сами взрослые не прочь в ней искупаться в жаркий день или порыбачить. Однако в последнее время жители города стали замечать странные превращения воды Китежи, прозрачной до этого времени. Необычный запах, иногда даже появление неожиданного цвета и избыточной мутности воды насторожило и вас. И вы понимаете, что пришло время проводить систематические наблюдения качества воды в реке.

**Цель проекта** — привлечение внимания общественности к состоянию реки Китежи и принятие мер по предотвращению ее загрязнения.

**Задачи и этапы выполнения проекта:**

- объявить о начале проекта «Мониторинг и контроль качества воды в реке Китеже»;
- организовать встречи и консультации для наиболее активных союзников (врачей, учителей, школьников, пенсионеров, желающих принять посильное участие в проекте);
- с участием группы активистов идентифицировать, картировать и описать наиболее опасные источники воздействия, определяющие качество воды в реке;
- обобщить информацию о составе сбросов, поступающих в реку, и о качестве речной воды и сформировать программу мониторинга;
- организовать регулярные наблюдения за качеством воды в реке, задействовав оборудование школьного химического кружка и используя приемы биомониторинга;
- включить в школьные курсы химии, биологии и географии практические занятия по мониторингу реки Китежи;

- подготовить и опубликовать серию статей о реке Китеже в местной газете, а также распространить среди местных жителей листовки о качестве воды и об источниках воздействия;
- организовать серию встреч с руководителями и сотрудниками предприятий-загрязнителей;
- провести субботники по расчистке русла реки от мусора и по посадке защитной полосы кустарников и деревьев;
- провести общественные слушания по итогам первого этапа долгосрочной программы, распределив обязанности и ответственность в системе мониторинга и контроля качества воды.

### *Практические рекомендации по выполнению задач проекта*

Соберите общую **информацию о реке** — ее истоке (вытекает ли она из озера, болота или ее питает ключ), имеющихся притоках и местах их впадения в Китежу. Стоит определить ширину и глубину речки, скорость течения, чтобы оценить примерный расход воды в реке (это может потребоваться для оценки вкладов различных сбросных потоков). Полезно получить сведения о характере берегов (пологие или крутые) и водосборе реки в целом (какие части территории заняты лесом, болотами, пашнями, поселками, заводами). Это важные факторы формирования состава воды, учет которых поможет при определении индикаторных параметров загрязнения. Например, в реке с заболоченным бассейном повышен природный уровень содержания органических веществ. Вода имеет желтоватый цвет, хотя является прозрачной. В ней также могут содержаться в значительных количествах соединения железа, меди и марганца, а кислородный режим может быть неудовлетворительным. Помните, что необходимо знать природный состав воды в реке (найти ссылки в литературе или определить в верховьях, используя доступные методы анализа).

Далее следует выявить все имеющиеся **возможные источники загрязнения** реки — организованные (канализационные трубы, мелиоративные каналы) и неорганизованные (поверхностный сток с промплощадок предприятий, с застроенных территорий (например, по канавам), с полей, с животноводческих ферм или птицефабрик и т.п.).

При оценке воздействия *сельскохозяйственных предприятий и других площадных источников* необходимо определить особенности расположения выпусков животноводческих ферм, места впадения мелиоративных каналов и то, через какие поля они проходят, какие удобрения и ядохимикаты применяют на них, их водность в различные фазы гидрологического режима (половодье, летняя межень, паводки), наличие лесозащитной полосы. Необходимо установить расположение навозохранилищ

и компостных ям, как далеко они размещаются от реки, их состояние, оборудованы ли они в соответствии с санитарными требованиями. Отметим, есть ли выпас скота на берегу, где расположен участок прогона через реку.

Схематическое **картирование источников воздействия** (составление карты или масштабированной схемы расположения объектов предполагаемого воздействия; см. также раздел *Качественные и полуколичественные методы*) позволяет облегчить выбор параметров для включения в программу наблюдений и первоочередных створов мониторинга. Нанесите на карту посты наблюдений различных ведомств и предприятий, если они есть. Карта должна быть составлена так, чтобы с ней было удобно работать, иметь хорошо составленную легенду, объясняющую все использованные знаки, цифры и цветовые поля. Фотоиллюстрации можно использовать при обсуждении собранной информации с руководителями предприятий и с местными жителями. Полученная карта — документ, ее можно публиковать, выносить на обсуждение, объявлять конкурс на лучшую фотографию источника воздействия.

Зная источники воздействия, нужно **оценить факторы и уровень воздействия на окружающую среду**. Постарайтесь до начала акции уведомить местные природоохранные органы и заручиться их поддержкой. Полезно проинформировать руководство предприятия-загрязнителя, ознакомиться, если представится возможность, с технологическим процессом и имеющейся документацией, содержащей информацию о составе и количестве сбрасываемых вод, наличии и эффективности работы очистных сооружений (экологический паспорт, том ПДС). Приглашайте на обсуждение представителей предприятия, специалистов-экологов, врачей СЭС, независимых экспертов. Документируйте ход дискуссии.

Даже в тех случаях, когда производственники не готовы к сотрудничеству, можно найти выход. Зная общее направление деятельности предприятия (какую продукцию оно выпускает), можно изучить, используя имеющуюся в библиотеках литературу, какие именно загрязняющие вещества могут поступать в реку со сточными водами. Это позволит в дальнейшем резко сократить объемы работ, сделать полученные результаты более информативными, выбирая лишь некоторые индикаторные параметры загрязнения (состояния). Например, иногда может быть достаточно измерить лишь электропроводность и водородный показатель воды в реке после сброса предприятия (в гальваническом производстве технологические растворы электролитов имеют высокие концентрации проводящих ток веществ, артезианские воды имеют большую минерализацию, чем река).

Результатом предыдущих этапов должно стать **определение перечня параметров для включения в программу наблюдений**. Тщательный анализ доступной информации позволит уменьшить объем измерений, исклю-

чив из программы те вещества, которые не относятся к числу приоритетных для исследуемого случая. Полезно ориентироваться на первоочередное установление таких характеристик, как рН, электропроводность (минерализация), цветность, мутность, запах, не требующих значительных затрат времени и реактивов (см. Приложение 5).

Допустим, что основное предприятие, сбрасывающее воды в Китежу, — молочный завод (хотя в экологическом паспорте указано, что сброс идет на очистные сооружения, но они не работают). На первом этапе работ в программу мониторинга можно включить два пункта наблюдения (места отбора проб): непосредственно сточной воды и воды в контрольном створе реки (в 0,5 км от сброса), и такие характеристики воды как запах (молочно-кислый, может быть и гнилостным), мутность (повышенная), цветность (меньшая, чем у природной воды и другой оттенок), минерализация (повышенная), окисляемость (следует определять в сточных водах для оценки нагрузки на водоток). **Далее необходимо выбрать методы пробоотбора и пробоподготовки и приступить к измерениям**, не забывая четко фиксировать, записывать и оценивать каждый шаг (см. главу *Методические рекомендации...*). Учитель биологии, применив определитель беспозвоночных, поможет выбрать индикаторные виды (так, ухудшение кислородного режима проявляется, например, в уменьшении количества и разнообразия личинок ручейников, поденок, см. также Приложение 3).

**Интерпретацию полученных результатов** следует проводить параллельно с получением данных, корректируя проводимые наблюдения (см. раздел *Интерпретация результатов: типичные ошибки и пути их преодоления*). Например, удалось выяснить, что молочный завод сбрасывает сточные воды в реку прямо по рельефу, хотя должен отводить их в канализацию. Можно обратиться к руководителям предприятия, собрав результаты анализов, фотографии, карты и, вероятно, даже вариант природоохранных мероприятий, предложив компромиссное соглашение. Приведем пример. Общественность с помощью предприятий жилищно-коммунального хозяйства проводит благоустройство береговой зоны возле завода, расчистку русла. Завод срочно занимается ремонтом очистных сооружений. Природоохранные органы не налагают штрафных санкций до согласованного тремя сторонами срока. Полезно приложить материалы о возможном воздействии загрязненных вод на организм человека.

Если вам удастся довести до конкретного результата свою работу, о чем наверняка сообщат местные газеты и телевидение, авторитет группы возрастет, в нее захотят войти новые люди, на заводе появится интерес к улучшению условий работы и снижению загрязнения окружающей среды. Ваши возможности расширятся и вы сможете приступить к более масштабным экологическим проектам.

Желаем успеха!

## Воздух, которым мы дышим

*В воздухе над Туристской улицей помимо прочей дряни витал еще и аммиак.*

«Московский комсомолец»,  
4 августа 1997 года

В большинстве крупных городов загрязненность воздуха, в основном, определяется автотранспортом. Например, в Москве и Санкт-Петербурге вклад транспорта в среднем составляет 75-85%. В перечень вредных веществ, выделяемых автотранспортом, входят оксиды азота, оксид углерода, летучие углеводороды, во многих случаях — соединения свинца (этилированный бензин все еще широко используется), сажа и сорбированные на ней полиароматические углеводороды (характерный черный выхлоп дизельных двигателей). Кроме того, поскольку наши дороги чаще всего имеют нарушения покрытия, в которых скапливаются грязь, нефтепродукты, реагенты, используемые для таяния снега, то автотранспорт, помимо воздуха, загрязняет также прилегающую территорию с поверхностным стоком. Наконец, при соответствующих условиях в атмосфере происходит вторичное загрязнение (например, образование фотохимического смога).

**Цель проекта** — оценка загрязненности приземного слоя воздуха в зоне расположения детского сада и средней школы и принятие необходимых мер по снижению вредного воздействия на состояние здоровья детей и подростков.

**Этапы выполнения проекта:**

- организовать встречи и консультации для наиболее заинтересованных групп (врачей, учителей, воспитателей детского дошкольного учреждения, родителей, школьников, желающих принять посильное участие в проекте);
- обобщить известную информацию о составе автомобильных выбросов, о характере их воздействия на воздух, почву, снежный покров, растительность и сформировать программу мониторинга;
- организовать регулярные наблюдения за качеством воздуха, составом снега и состоянием растительности на школьном участке, используя оборудование школьного химического кружка и приемы биомониторинга;
- включить в школьные курсы химии, биологии и географии практические занятия по оценке интенсивности потоков транспорта в течение дня вблизи детских учреждений, а также по мониторингу воздуха и исследованию изменений в состоянии растительности;

- подготовить и опубликовать серию статей о транспортном загрязнении в местной газете, а также составить и распространить информационные материалы для комитета по экологии, санэпидемстанции и госавтоинспекции; организовать серию встреч с их руководителями;
- подготовить спектакль «Автомобиль — враг или друг?» силами школьного драмкружка и пригласить на премьеру врачей, учителей, воспитателей детского дошкольного учреждения, сотрудников комитета по экологии, санэпидемстанции и госавтоинспекции;
- провести субботники по посадке «второго пояса» защитной полосы кустарников на улицах вблизи детских учреждений;
- провести общественные слушания и обсудить результаты общественного экологического мониторинга; предложить систему мероприятий в помощь госавтоинспекции (патрулирование перекрестка силами родителей, подготовка информационных щитов и т.п.)

### *Практические рекомендации по выполнению задач проекта*

#### **Соберите общую информацию о транспортном загрязнении:**

- какие вредные загрязняющие вещества присутствуют в автомобильных выхлопах, каковы их токсичные свойства и как они воздействуют на организм ребенка;
- какие виды топлива разрешены и какие запрещены в вашем городе;
- каков транспортный поток и как он меняется в зависимости от времени суток;
- каковы типичные приемы наблюдения за загрязнением такого рода? (биомониторинг, наблюдение за интенсивностью потока транспорта, отбор проб взвешенных частиц, анализ содержания солей в пробах снега, экспресс-методы определения оксидов азота и оксида углерода и т.п.)

**Сформируйте программу наблюдений**, ориентируясь на собственные возможности и вклад потенциальных союзников, и приступайте к ее реализации:

1. школьный учитель химии может помочь в определении загрязненности снежного покрова (общее содержание солей и взвешенных частиц, нитратов как продуктов преобразования диоксида азота) и воздуха. (Отбор проб можно осуществлять, например, в одно и то же время с помощью пылесоса с проложенным фильтром из легкой ткани, с последующей оценкой на фильтре количества взвешенных частиц, поступающих на уровень первого этажа школы и детского сада);

2. учитель биологии поможет оценить состояние растительности (достаточно простых визуальных наблюдений); вместе со старшеклассниками зарисуйте и сфотографируйте наиболее яркие примеры нарушений, деградации растительности;
3. проведите регистрацию структуры транспортного потока (соотношение легковой/грузовой транспорт), используя в качестве показателя уровень шума;
4. обратитесь в штаб ГО — многие из них располагают простыми приборами типа УГ-2 для полуколичественного определения оксидов азота, серы, углерода в воздухе;
5. постарайтесь найти среди родителей специалистов (сотрудников НИИ, ВУЗов), которые могут помочь организовать корректные измерения загрязняющих веществ в воздухе;
6. оценивайте каждый шаг и внимательно интерпретируйте результаты.

**Постарайтесь принять собственные меры** (до обращения в дорожно-патрульную службу и в природоохранные органы):

- убедите родителей, привозящих детей в школу или детский сад, не оставлять машины с работающими двигателями вблизи детских учреждений;
- договоритесь об организации объездных путей и стоянок в отдалении от детских учреждений;
- займитесь посадкой кустарников вдоль заборов школы и детского сада.

Наконец, если вы уверены в том, что результаты общественного экологического мониторинга достаточно убедительны, хорошо документированы, снабжены корректной интерпретацией и впечатляющими иллюстрациями, — обращайтесь в местную администрацию, в комитет по экологии, на санэпидемстанцию. Привлеките к сотрудничеству врачей районной поликлиники, проведите демонстрационные уроки (откройте окна, обратите внимание на уровень шума, обсудите с присутствующими вид марли, натянутой у забора детского сада до и после утренних часов пик).

Транспортные потоки, перегрузка городов, — чрезвычайно остро стоящие на сегодня проблемы. Вероятно, вы услышите много возражений. Представители власти будут доказывать нецелесообразность отведения потока транспорта на соседние улицы. Не отчаивайтесь после первых неудач, продолжайте наблюдения. Собирайте еще более убедительный материал. Опишите транспортные маршруты, куда, во вашему мнению, могли бы быть направлены хотя бы грузовые автомобили.

Кроме того, используйте опыт работы на индивидуальном уровне, на уровне коллектива. Можно с помощью родителей изготовить шумопоглощающие щиты, которые одновременно снизят и уровень загрязнений. Следует продумать и схему проветривания помещений, окна которых выходят на улицу, например, через коридор, окна которого выходят во двор. Физкультурные занятия можно перенести в соседний, более благополучный сквер. Усильте просветительную кампанию, установите новые плакаты вдоль ближних улиц, не забывайте направлять копии листовок, статей (никакой сенсационности — только факты), медицинской статистичности в администрацию, в управление ГАИ, на СЭС. О вашей деятельности знают жители окрестных домов. Добейтесь поддержки ученых и специалистов, обратитесь к местным депутатам.

При упорной и серьезной работе успех вашего проекта неизбежен.

## Предприятие, возле которого мы живем

*Над заводом стояло огромное красное колеблющееся зарево. На его кровавом фоне стройно и четко рисовались темные верхушки высоких труб, между тем как нижние части расплывались в сером тумане, шедшем от земли. Разверстые пасти этих великанов безостановочно изрыгали густые клубы дыма, которые смешивались в одну сплошную, хаотическую, медленно ползущую на восток тучу, местами белую, как комья ваты, местами грязносерую, местами желтоватого цвета железной ржавчины.*

А.И. Куприн. «Молох»

Песковский район в народе не зря называют «стекольным краем»: основная промышленность района — стекольная. Рабочие места для большей части населения обеспечиваются тремя крупными стекольными заводами, два из которых расположены вне городской черты. Вашу организацию заинтересовал третий, Песковский завод, но вы, к сожалению, не располагаете ни приборной базой, ни средствами для ее приобретения.

В настоящее время существует немало методов обнаружения практически всех известных веществ, в том числе и в следовых количествах. Но многие из этих методов сложны, дорогостоящи и, соответственно, не всегда доступны общественности. Тем не менее, это не означает, что о



мониторинге следует забыть. В распоряжении человека остается самый универсальный прибор, хотя и с высоким пределом обнаружения и низкой разрешающей способностью, — его организм. Подкрепив визуальные наблюдения фото- и видеосъемкой, можно примерно оценить степень воздействия предприятия на окружающую среду и определить источники воздействия.

**Цель проекта** — оценить характер и возможные пути сокращения воздействия Песковского стекольного завода на состояние окружающей среды.

На первом этапе целесообразно заняться сбором и систематизацией всей доступной информации, начав работу с бесед с государственными природоохранными органами на местах и руководством предприятия, в которых вы обоснуете свою позицию, получите согласие на проведение встреч с инженерно-техническим персоналом и знакомство с материалами, касающимися воздействия завода на окружающую среду.

**Этапы работы могут быть описаны** следующим образом:

- объявить в местных СМИ о начале проекта «Мониторинг воздействия Песковского стекольного завода на окружающую среду»;
- найти в районной библиотеке и обобщить информацию о стекольном производстве в целом и об истории стекловарения в Песково;
- организовать встречи с наиболее активными и заинтересованными группами жителей — врачами, учителями, школьниками, пенсионерами, сотрудниками библиотек, желающими принять посильное участие в проекте;
- провести интервьюирование старожилов города, рабочих и пенсионеров завода, расспросив об условиях работы на производстве, об авариях прошлых лет, об объемах выпуска продукции и ее видах;
- организовать почтовый ящик (или телефон) общественного экологического мониторинга для сбора информации о «ночных» выбросах, о пожарах на городской свалке, куда вывозятся отходы завода, и т.п.;
- сформировать программу мониторинга с учетом полученных сведений;
- организовать наблюдения по программе, включая обход границ территории завода, картирование расположения видимых источников воздействия; фотосъемку сбросных потоков и дымящих труб, посещение городской свалки и оценку вклада производственных отходов;
- оформить полученную информацию в виде отчета (для предоставления комитету по экологии и руководству предприятия);
- подготовить и опубликовать в районной газете серию статей или выпустить информационные листовки о типичных факторах воздействия стекольного производства на окружающую среду.

Создав таким образом информационную базу для последующих переговоров и совместных действий с руководством предприятия, можно приступить к решению **задач второго этапа проекта**:

- представить вниманию руководства предприятия подготовленный отчет о проведенных исследованиях, содержащий материал ваших наблюдений (желательно, хорошо иллюстрированный);
- оценить вклад контролируемых и неконтролируемых источников в загрязнение окружающей среды, разработать рекомендации по снижению воздействия и предложить руководству предприятия свою посильную помощь в реализации мероприятий экологической программы предприятия;
- обратиться к руководству предприятия с просьбой организовать серию обзорных туров по промплощадке и/или лекций популярного характера в школах города для создания атмосферы взаимопонимания между руководством предприятия и местным населением;
- провести рейды-обходы производственной площадки предприятия и прилегающей территории, составить карту-схему расположения источников воздействия;
- провести общественные слушания по итогам реализации первого этапа вашей программы, распределив обязанности и ответственность в системе мониторинга источников воздействия и контроля природоохранной деятельности предприятия.

### *Практические рекомендации по выполнению задач проекта*

С точки зрения воздействия на окружающую среду предприятие представляет собой совокупность источников воздействия разных видов. Это точечные стационарные (заводские трубы, места сброса сточных вод), точечные подвижные (транспорт), линейные (железные и автомобильные дороги, высоковольтные линии электропередач) и площадные (стоянки транспорта, гаражи, склады сырья и материалов, полуфабрикатов, конечных продуктов производства, свалки).

В общем случае стационарные и, до определенной степени, подвижные источники описаны в экологическом паспорте предприятия. Для каждого предприятия составляются также государственные формы статистической отчетности — 2ТП «Водхоз», 2ТП «Воздух», 2ТП «Твердые отходы». Если у вас есть доступ к этим документам (пусть устаревшим), задача упрощается; если нет, — обратитесь к таким источникам, как [81, 82]. За обзором литературы естественным образом следует «экспериментальная часть» — обход границ территории завода.

При обходе старайтесь учесть все возможные источники загрязнений. Обратите внимание на трубы котельных: как часто они дымят, в какое

время суток. Помните, что чем выше труба, тем на большей площади и в меньшей концентрации рассеиваются загрязняющие вещества. Побеседуйте с жителями, живущими рядом с заводом. Они могут сообщить о характере дыма из труб, необычных запахах. Документируйте их сообщения. Постарайтесь выяснить у технолога завода, чем вызваны эти выбросы. Даже если предприятие отводит воду в городскую канализацию, можно, как правило, обнаружить канавы или трубы, по которым постоянно или во время дождя (снеготаяния) отводится загрязненный поверхностный сток в близлежащий водный объект. Можно оценить внешний вид сточной воды, запах, температуру (здесь может пригодиться термометр). Так, например, температура вод, поступающих в водоем-охладитель, может круглый год находиться в диапазоне 10–20°C, что влечет за собой тепловое загрязнение водоема. Разница температур природной и сбрасываемой воды особенно заметна в зимний период, когда над местом сброса образуется плотный слой тумана, и в радиусе 4–5 м от стока нет ни снега, ни льда.

Изучая воздействие, связанное с транспортом, полезно просчитать ежедневный поток машин, в среднем проходящий по предприятию, выяснить технические условия обслуживания, проследить, проходят ли очистку воды с мойки машин и куда они сбрасываются. Обычным (но далеко не лучшим для окружающей среды) является вариант, когда вода попадает в ливневую канализацию, а в итоге — в окрестные водоемы.

Важно оценить способы хранения исходных, промежуточных и конечных материалов производства. Для каждого материала характерны свои условия хранения, и если они нарушаются, последствия могут быть печальными. В стекольном производстве кроме основных сырьевых компонентов (песка, соды, сульфата натрия, доломита или глинозема) используются добавки (для отбеливания, окрашивания продукции), в числе которых могут быть соединения мышьяка, селена, кобальта. В пятидесятые годы хрусталь иногда окрашивали соединениями урана. Хранение материалов и свалка мусора под открытым небом вызывают загрязнение сопредельных сред (воздуха, глубоких горизонтов почв, водных объектов за счет фильтрации в грунтовые воды и поверхностных водоемов при поступлении в них примесей с поверхностным стоком).

Практически каждое предприятие имеет резервы снижения нагрузки на окружающую среду. Но если сотрудники завода уже привыкли к ситуации, ваш свежий взгляд на положение вещей, предложение вариантов снижения нагрузки на окружающую среду и рационального использования сырья и материалов, фотографии, анкеты, распространенные среди работников завода и жителей, могут побудить руководителей завода серьезно задуматься. Не следует, однако, сразу предлагать радикальные и дорогостоящие мероприятия, например, немедленную реконструкцию технологических линий, установку дорогостоящих фильтров и

пр. Для начала вполне приемлемы такие шаги, как приведение в порядок складских помещений, опись и проверка условий хранения токсичных веществ, планирование территории свалки, расчистка промплощадки. Если по вашей инициативе будут сделаны первые шаги по снижению загрязнения окружающей среды, это повысит авторитет вашей организации и укрепит сотрудничество с руководством завода и экологическим комитетом города.

По мере реализации проекта можно публиковать те или иные материалы в местной газете, раздавать листовки. В любом случае, постарайтесь, чтобы они носили информационный характер, дискуссионный, но не разоблачающий. Сотрудники предприятия — ваши соседи. Завод, может быть, последний крупный работодатель в городе. Ваша цель — по-новому посмотреть на проблемы этого производства, обсудить характер его воздействия на здоровье работающих. Стекольные заводы печально известны силикозами; производство стекловолокна часто вызывает заболевание экземой; производство хрусталя связано с использованием соединений свинца, которые вызывают болезни крови. В результате проекта следует составить совместный план действий. Постарайтесь не ставить непреодолимых барьеров между собой и предприятием, возле которого вы живете.

Можно организовать субботники по расчистке свалки, при этом руководство завода выделит необходимую технику и рабочих для наиболее трудоемких операций. Если в ходе инвентаризации сырья и материалов выяснилось, что остатки токсичных веществ уже не будут использованы в производстве, постарайтесь помочь руководству завода обсудить проблему их вывоза и утилизации с комитетом по экологии. По мере улучшения ситуации в подготовленном вами «фотопаспорте» экологически неблагоприятных участков помещайте рядом фотографии одного и того же объекта — до и после приведения в порядок.

По мере роста авторитета вас будут все активнее привлекать к решению различных экологических проблем города.

## Дети и окружающая среда

Город Холмогорск невелик, но имеет прекрасную богатую историю, полную тайн и великих событий. В городе и его окрестности есть все: памятники культуры, исторические достопримечательности, интересные природные объекты, включая множество родников с легендарным прошлым и целебными свойствами и большое пресное озеро с многочисленными притоками. В нем обитает уникальная рыба селёдушка, которая не встречается больше нигде в мире. Местные природные объекты вошли в национальный парк «Неведомое озеро».

Не смотря на существенную удаленность от железнодорожных путей сообщения и областных центров, в городе до недавнего времени активно развивалась химическая и текстильная промышленность. До недавнего времени, — потому что известный российский кризис затронул и промышленные предприятия... Количество занятых на предприятиях людей резко уменьшилось, равно как и доходы горожан... В городе возросло число малообеспеченных семей, безработица и безденежье стали причиной развития пьянства и ощущения безысходности среди населения.

Сейчас ситуация с социальным обеспечением улучшается, тем не менее в период обострения этих проблем воспитывалось целое поколение детей и подростков, которых теперь часто относят к «трудным»... Это малообщительные дети из неблагополучных семей, недополучившие в свое время доброты, внимания и ласки.

В городе есть значительный образовательный потенциал, с помощью которого возможно справиться с этой проблемой, несколько школ с прекрасным преподавательским составом и большим опытом внеклассной работы, химический колледж, многочисленные кружки для детей и подростков, возглавляемые несомненными энтузиастами своего дела. Правда, все кружки действуют несколько разрозненно и руководствуются по большей части собственным опытом, мало зная об опыте коллег. Руководители кружков, групп, преподаватели, в основном, не имеют финансовой возможности выезжать за пределы города и посещать тематические семинары, конференции, да и между собой общаются нерегулярно. Все это препятствует получению новой информации и затрудняет работу энтузиастов своего дела.

**Цель проекта** — социальная и психологическая реабилитация «трудных» детей и подростков на основе вовлечения их в общественно значимую природоохранную деятельность.

Ваш проект ориентирован на социально наименее защищенную часть детей из трудных семей и детей-сирот и ставит целью их социальную и психологическую реабилитацию путем воспитания у них позитивного взгляда на окружающий мир, уважения к местной родной природе, за счет положительного влияния природных факторов и общения по интересам в ходе активного участия в конкретной общественно значимой экологической деятельности.

**Основные задачи проекта:**

- Совместно с представителями отдела по охране окружающей среды Администрации Холмогорска, руководством национального парка, специалистами районной санэпидемстанции, руководителями полевых групп разработать программу исследований местных природных объектов.

- Объединить в работе по реализации программы детские группы, занимающиеся наблюдениями за природными объектами и их охраной, исследованиями местной истории и культуры. Организовать Центр для организационно-методической и информационной поддержки групп, занятых в проекте.
- Создать базу данных о состоянии природных объектов района в прошлом и настоящем, их истории на основе литературы, архивных документов, данных государственных природоохранительных органов, наблюдений полевых групп.
- Установить обмен опытом в области экологического образования и мониторинга посредством приглашения специалистов из других регионов на конференции, фестивали, семинары.
- Подготовить рекомендации по организации подобных проектов по экологическому образованию и воспитанию. Обеспечить свободный доступ всех заинтересованных лиц к результатам и выводам проекта, подготовленным рекомендациям через средства массовой информации (как региональных, так и общероссийских), а также разместить материалы по проекту в созданном Центре и в сети Интернет.

#### **Этапы реализации проекта:**

- Организация и проведение первого информационного семинара с целью объявления о начале проекта; идентификации сторон, заинтересованных в его реализации; сбора информации и мнений для разработки программы действий; определения ресурсов (человеческих и материальных), доступных для проектной работы.
- Сбор литературных, архивных данных о выбранных природных объектах, документальной информации о текущем состоянии этих объектов.
- Разработка программы исследований на основе полученной информации, распределение участков наблюдения по группам в соответствии с возможностями и желаниями детей. Создание Комитета из числа выбранных руководителей для координации работы групп.
- Выполнение программы исследований. Проведение регулярных встреч разных групп детей, а также дополнительных встреч-тренингов для руководителей с целью обмена опытом и полученной информацией, корректировки программы.
- Организация и проведение экологических акций, как отдельными группами на своих участках, так и совместно. Привлечение ответственности к осуществлению акций.
- Создание Центра для хранения полученной информации и организации свободного доступа к ней, а также для организационно-методической и информационной поддержки групп, занятых в проекте.

- Проведение ежегодного фестиваля детского творчества «Живая капля» с приглашением детских коллективов из других городов России и научно-практической конференции для старших школьников.
- По результатам проекта подготовить серию публикаций в местной прессе и общероссийских журналах, сюжетов для местного телевидения, фильм о работе полевых групп и состоянии природных объектов. Информацию о ходе и результатах проекта разместить в сети Интернет, представлять на посещаемых участниками проекта конференциях, семинарах, встречах.

### *Практические рекомендации по выполнению задач проекта*

Для успешности любого проекта одно из главных условий — определение круга лиц и организаций, заинтересованных в его результатах. Тогда появляется возможность найти дополнительные ресурсы не только для реализации вашего проекта, но и для развития проектной деятельности и его результатов в дальнейшем, после окончания программы.

В вашем случае такими заинтересованными сторонами будут национальный парк, образовательные учреждения (школы, колледж) и организации внешкольного воспитания, а также городская или районная администрация, природоохранные органы. Со временем, возможно, вам удастся привлечь внимание и представителей предприятий к вашему проекту, — нужно помнить о том, что они тоже ваши соседи и могут быть заинтересованы в улучшении состоянии среды обитания своих детей и близких. Любая помощь будет полезной, если она должным образом применена.

При составлении программы полезно учитывать пожелания заинтересованных сторон относительно направления исследований. Это поможет получить официальную поддержку и доступ к уже имеющейся информации об исследуемых объектах, дополнительные ресурсы для реализации программы. К тому же, такой подход обеспечит востребованность результатов наблюдений. Национальный парк и санитарно-эпидемиологическая служба будут заинтересованы в выявлении источников воздействия и последующем наблюдении за ними, в мониторинге состояния многочисленных притоков и родников, береговой линии озера. Администрация поддержит историко-культурную ветвь исследований, считая перспективным развитие туристических маршрутов в городе и его окрестностях. Образовательные учреждения — организацию внеклассных занятий.

Важно также помнить, что ваша цель — не собственно мониторинг, а улучшение восприятия общества трудными детьми. Этого можно достичь только в том случае, если они реально заинтересуются тем, что им

предстоит делать, и в результате своих усилий увидят конкретный осязаемый результат, который нужен взрослым людям. Если дети будут уважаемы за свой труд, — это очень существенная причина для того, чтобы обрести твердую почву под ногами и пытаться строить свою жизнь сознательно, не в отрыве от общества. С положительным опытом ведения таких проектов в России можно ознакомиться в книге «Социальная реабилитация детей и подростков с трудной судьбой посредством вовлечения их в общественно значимую природоохранную деятельность» [50], доступную также в сети Интернет по адресу <http://www.eco-projects.ru/seps/docs/seps113/soc/>

При определении возможных участников проекта обратите внимание, какие наклонности есть у детей в той или иной группе, какие способности. Одна группа может собирать легенды и заниматься историческим прошлым родников или прудов. Дети из другой группы могут предпочесть активные действия по мониторингу притоков озера и имеют в этой области некоторый опыт. Два-три человека из этой группы, обладающие художественным чутьем, могут делать зарисовки, фотографии и таким образом документировать процесс исследований. Третья группа, представленная участниками туристического кружка, может охватить комплексными наблюдениями отдаленные районы, недоступные другим группам. Четвертая группа готова организовать в городском парке «экологическую тропу» для всех желающих, с проведением экскурсий по выходным. Дополнительные идеи о том, что могут дети сделать для природы, можно посмотреть здесь — [50a].

Выбирайте наиболее простые методы наблюдений. Многие параметры состояния природных объектов не требуют сложных методов и дорогостоящих приборов. Скорость течения, уровень воды, состояние дна, температура, запах, цвет, прозрачность, — вот пример еще не полного перечня того, что можно измерять без лишних сложностей, и что при этом отлично характеризует состояние водного объекта. Подсчет машин с учетом их типа поможет оценить загрязнение улиц города. Чистота или видимое загрязнение среза снежного покрова скажут сами за себя... Применение методов биоиндикации поможет вам оценить влияние загрязнения атмосферного воздуха на растительность, а состояние водных объектов — по живущим в них организмам ([49], также см. Приложения 3 и 5). Для выявления и мониторинга источников воздействия широко используйте метод картирования, — это поможет вам наглядно представлять получаемую информацию и четко фиксировать любые изменения ситуации (см. раздел Качественные и полуколичественные методы). Использование химических методов исследования станет возможным при ресурсной и методической поддержке со стороны лабораторий парка, колледжа, предприятий или санэпидемстанции.



Целесообразно сочетать наблюдения с активными действиями на природе — проведением акций по расчистке русел ручьев, берегов небольших речушек, благоустройством родников, туристических стоянок, мест отдыха. Необходимо проводить информационные кампании, — объяснять людям, почему нельзя мыть машины на берегах рек и озера, выбрасывать мусор где попало, рассказывать, из каких родников нельзя брать воду для питья из-за загрязнения. В активно посещаемых местах можно устанавливать плакаты с описанием истории этого уголка, напоминая о ценности природы для человека.

Не бойтесь того, что расчищенный участок может быть опять захламен людьми. Если участок будет ухоженным, появятся специальные контейнеры для мусора, люди постепенно поймут, что делать этого нельзя, — особенно, если убирают за ними дети... Полезно через некоторые промежутки времени составлять карты-схемы убираемых территорий и отмечать на них места скопления мусора. Через некоторое время вы сможете определить наиболее «проблемные» места и сконцентрировать свои усилия на них.

Вашему проекту нужно серьезное информационное обеспечение. Важно задействовать как можно больше доступных средств массовой информации. Публикуйте статьи в местных и областных газетах, готовьте сюжеты для местного радио и телевидения. Рассказывайте о текущей деятельности и планах на будущее, приглашайте к сотрудничеству добровольцев. Проводите открытые встречи по обмену опытом между разными группами, конкурсы, игры (например, брейн-ринг по экологической тематике).

Для общения участников проекта, обсуждений и корректировки планов необходимо место встреч — небольшая комната, где можно было бы также хранить найденные исторические сведения о исследуемых природных объектах, выдержки из официальных материалов, отчеты о результатах наблюдений. Отчеты должны быть содержательными: необходимо указывать не только сами результаты, но и то, при каких обстоятельствах они были получены, изложение материала должно сопровождаться иллюстрациями (фотографиями, рисунками, схемами, картами). Комнату под общественный центр может предоставить какая-нибудь из заинтересованных в вашем проекте организаций: национальный парк (информационная и просветительская деятельность — прямые функции парка, закрепленные законодательно), колледж, администрация.

Не лишним будет еще раз подчеркнуть, что сотрудничество с заинтересованными сторонами поможет сделать ваш проект более результативным. Непосредственные участники проекта — дети под руководством взрослых — могут обнаружить неизвестные до этого источники воздействия, но для принятия административных решений необходимы результаты исследований, проведенных официальными органами. Здесь вам

помогут аккредитованные лаборатории парка или санэпидемстанции. Результаты их измерений будут очень весомым аргументом для дальнейшего обсуждения ситуации с государственными органами и разработки плана действий.

В развитии любой деятельности необходим постоянный приток свежей информации. Поэтому всегда помните об обмене опытом с вашими коллегами. Не только в вашей области, но и в России, и за границей живут люди, которым небезразличен ваш труд и которым есть чем поделиться с вами. Старайтесь посещать все тематические конференции и семинары, представляйте там свои результаты и находите своих единомышленников. Финансовую поддержку для ваших командировок можно найти у тех же заинтересованных сторон. Например, Администрация Холмогорска может поддержать поездку в другую область на конференцию, где вы расскажете о вашем замечательном проекте и добрым словом помянуть поддержку от администрации.

Результаты многих проектов уже есть в сети Интернет, следите за последними обновлениями. Вот ссылки на некоторые сайты:

<http://www.ecoline.ru/wateroflife/>

<http://www.eco-projects.ru/seps/project.php?id=113>

<http://www.aseko.org/>

Желаем вам удачи!

## Заключение

Вполне вероятно, что читатель не нашел в этой книге всех необходимых ему сведений. Будем благодарны за любые пожелания и предложения по ее доработке. Хочется верить, однако, что читатель счел наши рекомендации полезными. Надеемся, что книга помогла ему продолжить или начать деятельность в области экологического мониторинга.

Заканчивая книгу, авторы хотели бы пожелать успехов всем общественным организациям, принимающим участие в нелегком и важном деле — общественном экологическом мониторинге и контроле. Будем рады, если вы сочтете возможным поделиться вашим опытом, знаниями и проблемами. Мы приглашаем вас к сотрудничеству и надеемся, что наши совместные усилия будут содействовать реальному улучшению экологической ситуации в вашем городе, регионе, стране.

---

---

# Приложения

Приложения к книге составлены таким образом, чтобы общественные организации, намеренные организовать деятельность в области экологического мониторинга, могли ознакомиться с минимальным объемом справочного материала. Этот раздел содержит выдержки из научно-технических нормативов, международных и отечественных справочных изданий. Порядок изложения материалов в приложении следующий:

- Приложение 1. Источники загрязнения и окружающая среда
- Приложение 2. Нормативы и стандарты качества окружающей среды
- Приложение 3. Некоторые определения и методы оценки качества окружающей среды, используемые в экологическом мониторинге
- Приложение 4. Свойства некоторых загрязняющих веществ
- Приложение 5. Показатели качества вод и формы миграции некоторых загрязняющих веществ в водной среде

# Источники загрязнения и окружающая среда

1.1. Основные типы источников загрязнения и среды, в которых переносятся или задерживаются загрязняющие вещества [по 83, 84]

<i>1. Сельское хозяйство</i>	
<i>Воздух</i>	Аэрозоли пестицидов, пыль, аммиак, сероводород, неприятные запахи, частицы почвы
<i>Вода</i>	Силосные башни и навозохранилища — нитраты, фосфаты, рассыпанные и разлитые пестициды, поверхностный сток, частицы почвы
<i>Почва</i>	Удобрения — например, мышьяк, кадмий, уран, ванадий, цинк в некоторых фосфатных удобрениях; навоз — патогенные микроорганизмы, мышьяк и медь в отходах свино- и птицеферм; пестициды — мышьяк, медь, марганец, свинец, цинк, долгоживущие органические вещества (ДДТ, линдан); коррозия металлов — гальванические покрытия (ограждения, кормушки, лотки и т.п.); разлитое моторное топливо — углеводороды
<i>2. Производство электроэнергии</i>	
<i>Воздух</i>	Оксиды углерода, азота, серы, урана и полиароматические углеводороды из угля, радиоизотопы в выбросах АЭС
<i>Вода</i>	Тепло, биоциды в охлаждающей воде, растворимые соединения бора и мышьяка и полиароматические углеводороды из золы
<i>Почва</i>	Зола — соединения кремния, сульфаты, нитраты, соединения тяжелых металлов; угольная пыль
<i>3. Добыча руд и выплавка металлов</i>	
<i>Воздух</i>	Оксиды серы, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, никель, титан и др. в составе аэрозольных частиц
<i>Вода</i>	Сульфаты, цианиды из выщелачивающих растворов, ионы металлов, хвосты (рудные минералы, такие как сульфид свинца, сульфид цинка и др.)
<i>Почва</i>	Твердые отходы и хвостоохранилища — ветровая эрозия, выветривание частиц руды; транспортировка рудных концентратов; обработка руды — цианиды, металлы; выплавка — пыль, осажденные аэрозоли из плавильного цеха (различные металлы)

<b>4. Металлургическая промышленность</b>	
<i>Воздух</i>	Взвешенные частицы и аэрозоли: мышьяк, кадмий, хром, медь, марганец, никель, свинец, титан, цинк; летучие органические соединения, кислоты
<i>Вода</i>	Ионы металлов, кислотные потоки, растворители (летучие органические соединения), используемые при очистке металлических поверхностей
<i>Почва</i>	Металлы в отходах, растворителях, кислотах, выпадение аэрозолей (литейное производство, пирометаллургические процессы)
<b>5. Химическая промышленность и электроника</b>	
<i>Воздух</i>	Летучие органические соединения, ртуть, разнообразные летучие вещества
<i>Вода</i>	Разнообразные вещества в сточных водах, растворители, используемые в микроэлектронике
<i>Почва</i>	Выпадения аэрозолей ; места сброса стоков и хранения жидких отходов, площадки погрузки и расфасовки; металлический лом, поврежденное электротехническое оборудование — полиароматические углеводороды, металлы
<b>6. Муниципальные и промышленные источники в целом</b>	
<i>Воздух</i>	Летучие органические вещества, твердые частицы, аэрозоли (свинец, ванадий, медь, цинк, кадмий, полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, диоксины, сажа); сжигание ископаемых топлив — оксиды углерода, серы, азота, мышьяк, свинец, уран, ванадий, цинк, полиароматические углеводороды; костры — полиароматические углеводороды, полихлорированные дибензодиоксины, полихлорированные дибензофураны, свинец, кадмий и т.п.; производство цемента — пыль, сульфаты, силикаты и т.п.
<i>Вода</i>	Различные стоки, полиароматические углеводороды из сажи, свинец, цинк и др. металлы, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества
<i>Почва</i>	Свинец, цинк, ванадий, медь, кадмий, полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды, диоксины, углеводороды, асбест
<b>7. Отходы</b>	
<i>Воздух</i>	Сжигание мусора — дымы, аэрозоли, пыль (кадмий, ртуть, свинец, оксиды углерода, азота, диоксины, полихлорированные дибензофураны, полиароматические углеводороды);
<i>Воздух</i>	полигоны захоронения отходов — метан, летучие органические соединения; отходы ферм — метан, аммиак, сероводород
<i>Вода</i>	Полигоны захоронения отходов — нитраты, аммоний, кадмий, полихлорированные бифенилы, микроорганизмы; стоки станций водоочистки — органические вещества, фосфаты, нитраты, аммоний

<i>Почва</i>	Илистые отходы станций водоочистки — аммоний, полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, металлы (кадмий, хром, медь, ртуть, марганец, молибден, никель, свинец, ванадий, цинк и др.); металлический лом — кадмий, хром, медь, никель, свинец, цинк, марганец, ванадий, вольфрам, полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы; костры, зола и т.п. — медь, свинец, полиароматические углеводороды, бор, мышьяк; аэрозоли мусоросжигающих заводов — кадмий, полихлорированные дибензофураны, полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, диоксины; открытое складирование промышленных отходов — разнообразное вещества; полигоны захоронения отходов — нитраты, аммоний, кадмий, полихлорированные бифенилы, микроорганизмы
<b>8. Транспорт</b>	
<i>Воздух</i>	Выхлопные газы, аэрозоли и взвешенные частицы (оксиды углерода, азота и серы, полиароматические углеводороды, пероксиацетилнитрат, озон, соединения свинца, ванадий, молибден)
<i>Вода</i>	Пролив топлива, жидких грузов (углеводороды, пестициды, продукты органического синтеза, нефтепродукты), антиобледенители, антифризы, осаждение продуктов сгорания топлива, полиароматические углеводороды, сульфаты, нитраты, соединения свинца
<i>Почва</i>	Взвешенные частицы (соединения свинца, полиароматические углеводороды), кислотные выпадения, антиобледенители, разнообразные вещества на сортировочных станциях, в доках, подъездных путях и т.п., осаждение продуктов сгорания топлива, частицы шинной резины (содержат цинк и кадмий)

## 1.2. Основные загрязняющие вещества в атмосферном воздухе и их антропогенные источники [17]

<b>Загрязняющее вещество</b>	<b>Источники</b>
Азота оксиды	Электростанции, работающие на угле и нефти, промышленные бойлеры, мусоросжигающие заводы, транспорт
Взвешенные частицы	Электростанции, работающие на угле и нефти, промышленные бойлеры, мусоросжигающие заводы, дизельные транспортные средства, домашние печи, многочисленные промышленные предприятия, строительство, добыча и переработка руды, производство цемента
Вещества летучие органические (например, бензол)	Выхлопы транспорта, заправочные станции, производство красок

Загрязняющее вещество	Источники
Запахи неприятные	Станции водоочистки, свалки, химические заводы, нефтепереработка, пищевая промышленность, производство красок, пластмасс
Метан	Добыча угля, утечки природного газа, свалки
Металлы токсичные (свинец, кадмий и др.)	Выбросы автотранспорта (этилированный бензин), обработка металлов, мусоросжигающие заводы, сжигание нефти и угля, производство аккумуляторов, цемента и удобрений
Суперэтоксиканты органические (ПАУ*, диоксины, полихлорированные бифенилы)	Мусоросжигающие заводы, производство кокса, сжигание угля
Озон	Вторичное загрязняющее вещество, образуется при фотохимических реакциях в атмосфере
Радионуклиды	Ядерные реакторы, ядерные отходы
Серы диоксид	Электростанции, работающие на угле и нефти, промышленные бойлеры, мусоросжигающие заводы, дизельные транспортные средства, выплавка металлов, производство бумаги, домашние печи
Галогены, аммиак	Химическая промышленность, обработка металлов, производство удобрений
Углерода оксиды	Транспорт, сжигание топлива

\* Полиароматические углеводороды

### 1.3. Основные загрязняющие вещества в воздухе помещений и их источники [83,85]

Загрязняющее вещество	Источники
Азота диоксид	Газовые плиты
Дым, взвешенные частицы	Курение, приготовление пищи, аэрозольные распылители, печи, изнашивание лакокрасочных покрытий, изоляционных материалов (свинец, асбест и т.п.)
ЛОС*	Приготовление пищи; освежители воздуха, чистящие аэрозоли, краски, лаки, растворители, мебель, ковры
Озон	Фотокопировальные аппараты, лазерные принтеры, электростатические очистители воздуха
ПАУ**	Сжигание древесины, угля; растворители, печи
Радон <sup>†</sup>	Газовые плиты, почва, бетон, камень
Углерода оксиды	Печи, курение, автомобили в гаражах
Хлор	Отбеливатели, моющие средства для сантехники

Загрязняющее вещество	Источники
Формальдегид	Древесностружечные и древесноволокнистые плиты, фанера, изоляционные материалы, курение

\* Легколетучие органические соединения

\*\* Полиароматические углеводороды

† Главным образом, естественного происхождения

#### 1.4. Основные источники выделения элементов в атмосферу [17]

Элемент	Основные источники эмиссии в атмосферу
Бериллий	Сжигание угля
Ванадий	Сжигание нефти
Кадмий	Цинко-кадмиевые плавильные заводы, медно-никелевые заводы, сжигание ископаемого топлива, сжигание отходов
Кобальт	Сжигание ископаемого топлива
Марганец	Производство железа, стали и ферросплавов, сжигание угля
Медь	Медно-никелевые плавильные заводы, сжигание ископаемого топлива
Молибден	Сжигание ископаемого топлива
Мышьяк	Медно-никелевые заводы, цинко-кадмиевые заводы, сжигание ископаемого топлива
Никель	Сжигание нефти и угля, разработка и переработка полезных ископаемых
Свинец	Выхлопы автотранспорта, производство цветных металлов, производство железа, стали и ферросплавов
Селен	Сжигание топлива
Сурьма	Сжигание угля и отходов
Хром	Производство железа, стали и ферросплавов, сжигание ископаемого топлива
Цинк	Цинко-кадмиевые плавильные заводы, производство железа, стали и ферросплавов, сжигание отходов и древесины



# Нормативы и стандарты качества окружающей среды

## 2.1. Концентрации загрязняющих веществ.

### Единицы измерения

**Концентрации загрязняющих атмосферный воздух веществ** обычно приводятся либо в виде их массы в  $1 \text{ м}^3$  воздуха ( $\text{мг}/\text{м}^3$  или  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ), либо в виде объемного соотношения газов:  $1 \text{ ч. (об.)} : 10^6 \text{ ч. (об.)} = \text{млн}^{-1}$  (или *ppm* в англоязычной литературе);  $1 \text{ ч. (об.)} : 10^9 \text{ ч. (об.)} = \text{млрд}^{-1}$  (или *ppb* в англоязычной литературе). Преимущество второго способа выражения концентрации загрязнений заключается в том, что она не зависит от давления воздуха и температуры, в то время как показатель  $\text{мг}/\text{м}^3$  меняется в соответствии с законами для газообразных веществ. Иногда, но не всегда, массовое содержание загрязнений относят к  $1 \text{ м}^3$  сухого газа при нормальных условиях, т.е. при  $0^\circ\text{C}$  и  $760 \text{ мм рт. ст.}$  В то же время выражение концентраций загрязнения воздуха в  $\text{млн}^{-1}$  для таких веществ, которые обычно представляют собой жидкости (например, для бензола), вряд ли имеет смысл, поскольку вредное воздействие подобных веществ, в частности, токсичность, зависит от их массы, а не от объема.

Пересчет одних единиц в другие осуществляется по следующим формулам ( $\text{м}^3$  при нормальных условиях):

$$\text{млн}^{-1} = \text{мг} / \text{м}^3 \cdot \frac{\text{мол.объем}}{\text{мол.масса}};$$

$$\text{мг} / \text{м}^3 = \text{млн}^{-1} \cdot \frac{\text{мол.масса}}{\text{мол.объем}}.$$

В качестве мольного объема следует брать  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; это значение в большей степени подходит для отдельных вредных веществ при очень незначительной концентрации, чем величины, полученные путем расчета в соответствии с плотностью газов, поскольку последняя, как правило, определяется для чистого газа при нормальном давлении.

**Концентрации загрязняющих водную среду веществ** обычно приводятся в следующих единицах:

$\text{г}/\text{л}$  ( $\text{г}/\text{дм}^3$ ) с соответствующими приставками милли- ( $10^{-3}$ ) или микро- ( $10^{-6}$ );

$\text{моль}/\text{л}$  ( $\text{моль}/\text{дм}^3$ ) с теми же приставками;

$\text{г}/\text{л} = (\text{моль}/\text{л}) \cdot M$ ,

где  $M$  – молярная масса вещества,  $\text{г}/\text{моль}$

*проценты массовые (%)* или *промилле (‰)* – соответственно граммы вещества в 100 граммах (%) или в килограмме (‰) раствора;

*ppm* – миллиграммы вещества в килограмме исследуемого раствора; для пресной воды можно считать, что 1 ppm соответствует 1 мг/л (в англоязычной литературе).

*ppb* – микрограммы вещества в килограмме исследуемого раствора; для пресной воды можно считать, что 1 ppm соответствует 1 мкг/л (в англоязычной литературе).

**Концентрации загрязняющих почву веществ** обычно приводятся в следующих единицах:

*мг/кг* или *мкг/кг*;

*проценты массовые (%)* или *промилле (‰)* – соответственно граммы вещества в 100 граммах (%) или в килограмме (‰) почвы;

*ppm* – миллиграммы вещества в килограмме почвы (т. е. 1 ppm соответствует 1 мг/кг) или *ppb* – микрограммы вещества килограмме почвы (т. е. 1 ppb соответствует 1 мкг/кг) в англоязычной литературе.

## 2.2. Нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

### 2.2.1. Рекомендации ВОЗ по содержанию в воздухе некоторых неканцерогенных веществ [86]

Вещество	Среднее значение концентрации	Период усреднения
Азота диоксид	400 мкг/м <sup>3</sup>	1 ч
	150 мкг/м <sup>3</sup>	24 ч
Ванадий	1 мкг/м <sup>3</sup>	24 ч
Дихлорметан (метиленхлорид)	3 мг/м <sup>3</sup>	24 ч
1,2-дихлорэтан	0,7 мг/м <sup>3</sup>	24 ч
Кадмий	1-5 нг/м <sup>3</sup>	1 год (сельские районы)
	10-20 нг/м <sup>3</sup>	1 год (города)
Марганец	1 мкг/м <sup>3</sup>	1 год*
Озон	150-200 мкг/м <sup>3</sup>	1 ч
	100-120 мкг/м <sup>3</sup>	8 ч
Ртуть	1 мкг/м <sup>3**</sup>	1 год
Свинец	0,5-1,0 мкг/м <sup>3</sup>	1 год
Сероводород	150 мкг/м <sup>3</sup>	24 ч
Сероуглерод	100 мкг/м <sup>3</sup>	24 ч
Серы диоксид	500 мкг/м <sup>3</sup>	10 мин
	350 мкг/м <sup>3</sup>	1 ч

Вещество	Среднее значение концентрации	Период усреднения
Углерода монооксид	100 мг/м <sup>3</sup> †	15 мин
	60 мг/м <sup>3</sup> ‡	30 мин
	30 мг/м <sup>3</sup> ‡	1 ч
	10 мг/м <sup>3</sup>	8 ч
Стирол	800 мкг/м <sup>3</sup>	24 ч
Тетрахлорэтилен	5 мг/м <sup>3</sup>	24 ч
Толуол	8 мг/м <sup>3</sup>	24 ч
Трихлорэтилен	1 мг/м <sup>3</sup>	24 ч
Формальдегид	100 мкг/м <sup>3</sup>	30 мин

\* Раздражает дыхательные пути; настоящий уровень информации не позволяет разработать рекомендации для более короткого периода времени

\*\* Значение для воздуха помещений; для атмосферного воздуха рекомендации не разработаны вследствие многочисленности путей поступления в организм из внешней среды

† При данной концентрации экспозиция не должна превышать указанное время и не повторяться в течение 8 часов

### 2.2.2. Предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе населенных мест [18, 87-90]

Вещество	ПДК <sub>мр</sub> *, мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> ** , мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ
Азота диоксид	0,085	0,04	
Азота оксид (II)	0,4	0,06	
Азотная кислота	0,4	0,15	
Акролеин	0,03	0,03	
Аммиак	0,2	0,04	
Анилин	0,05	0,03	
Ацетальдегид	0,01	0,01	
Ацетилен			1,5
Ацетон	0,35	0,35	
Барий металлический			0,004
Белок пыли белково-витаминового концентрата (БВК)	—	0,001	
Бенз(а)пирен		1 нг/м <sup>3</sup>	
Бензин нефтяной малосернистый (в пересчете на углерод)	5	1,5	
Бензин сланцевой (в пересчете на углерод)	0,05	0,05	
Бензол	1,5	0,1	

Вещество	ПДК <sub>мр</sub> <sup>*</sup> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>ксс</sub> <sup>**</sup> , мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ
Бериллий и его соединения (в пересчете на бериллий)			0,00001
Борная кислота		0,02	
Бром		0,04	
Бромоводород	0,1	0,1	
1,3-Бутадиен	3	1	
Бутан	200		
Ванадия (V) оксид		0,002	
Взвешенные вещества (недифференцированная по составу пыль, содержащаяся в воздухе населенных пунктов) <sup>†</sup>	0,5	0,15	
Винилацетат	0,15	0,15	
Газообразные соединения фтора (в пересчете на фтор)	0,02	0,005	
Гексан	60		
Гексахлорбензол			0,013
Гексахлорциклогексан (гексахлоран)	0,03	0,03	
Диборан			0,05
Диметиламин	0,005	0,005	
Диметиланилин	0,0055	0,0055	
Диметилформамид	0,03	0,03	
<i>м</i> -Динитробензол			0,01
<i>о</i> -Динитробензол			0,01
<i>п</i> -Динитробензол			0,01
Дихлорэтан	3	1	
Диэтиловый эфир	1	0,6	
Диэтилртуть (в пересчете на ртуть)	—	0,0003	
Железа сульфат (в пересчете на железо) <sup>‡</sup>	—	0,007	
Железа оксид (в пересчете на железо) <sup>‡</sup>	—	0,04	
Железа хлорид (в пересчете на железо) <sup>‡</sup>	—	0,004	
Изопропилбензол	0,014	0,014	
Иод	—	0,03	
Кадмия нитрат (в пересчете на кадмий)		0,0003	
Капролактамы (пары, аэрозоль)	0,06	0,06	

Вещество	ПДК <sub>Мр</sub> <sup>*</sup> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> <sup>**</sup> , мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ
Карбамид (мочевина)	—	0,2	
Карбонат галлия (в пересчете на галлий)		0,0004	
Кобальт металлический	—	0,001	
Ксилол	0,2	0,2	
Магния оксид	0,4	0,05	
Марганец и его соединения (в пересчете на марганец)	0,01	0,001	
Меди оксид (в пересчете на медь)	—	0,002	
Меди сульфат (в пересчете на медь)	0,003	0,004	
Меди хлорид (в пересчете на медь)	—	0,002	
Метан			50
Метанол	1	0,5	
Метилметакрилат	0,1	0,01	
Мышьяк в неорганических соединениях (в пересчете на мышьяк)	—	0,003	
Нафталин	0,003	0,003	
Никель металлический	—	0,001	
Никель, растворимые соли (в пересчете на никель)	—	0,0002	
Никеля оксид (в пересчете на никель)	—	0,001	
Нитрат аммония		0,3	
Нитробензол	0,008	0,008	
Озон	0,16	0,03	
Оксид магния	0,4	0,05	
Оксид углерода	5	3	
Окситетрациклин	0,01	—	
Ортофосфорная кислота			0,02
Пенициллин	0,05	0,0025	
Пентакарбонил железа			0,001
Пентан	100		
Плохо растворимые неорганические фториды (в пересчете на фтор)	0,2	0,03	

Вещество	ПДК <sub>Мр</sub> <sup>*</sup> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>Ксс</sub> <sup>**</sup> , мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ
Пропанол	0,3	0,3	
Пыль древесная			0,1
Пыль меховая (шерстяная, пуховая)			0,03
Пыль неорганическая, содержащая SiO <sub>2</sub> в % 70-20 (шамот, цемент и др.)	0,3	0,1	
Пыль неорганическая, содержащая SiO <sub>2</sub> в % выше 70 (динас и др.)	0,15	0,05	
Пыль неорганическая, содержащая SiO <sub>2</sub> в % ниже 20 (доломит и др.)	0,5	0,15	
Пыль стекловолкна			0,06
Пыль хлопковая	0,5	0,05	
Растворимые соли бария (ацетат, нитрат, хлорид)			0,004
Растворимые соли никеля (в пересчете на никель)	0,002	0,0002	
Ртуть металлическая	—	0,0003 <sup>††</sup>	
Сажа	0,15	0,05	
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0,001	0,0003	
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	—	0,0003	
Сера элементарная			0,07
Серная кислота	0,3	0,1	
Сероводород	0,008	—	
Сероуглерод	0,03	0,005	
Серы диоксид	0,5	0,05	
Синильная кислота	—	0,01	
Скипидар	2	1	
Смесь водо- растворимых соединений ртути (в пересчете на ртуть)			0,0008
Смесь плохо раство- римых в воде соеди- нений ртути (в пересчете на ртуть)			0,0009

Вещество	ПДК <sub>мр</sub> ** , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> ** , мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ
Смесь плохо растворимых и растворимых в воде соединений ртути (в пересчете на ртуть)			0,001
Стирол	0,04	0,002	
Сурьма			0,01
Тетраэтилсвинец			0,000003
Титана диоксид			0,5
Толуол	0,6	0,6	
Уксусная кислота	0,2	0,06	
Фенол	0,01	0,003	
Формальдегид	0,035	0,003	
Фосген			0,003
Хлор	0,1	0,03	
Хлороводород	0,2	0,2	
Хорошо растворимые неорганические фториды (в пересчете на фтор)	0,03	0,01	
Хром (VI) (в пересчете на оксид хрома (VI))	0,0015	0,0015	
Циклопентадиены			0,05
Цинка оксид (в пересчете на цинк)	—	0,05	
Четыреххлористый углерод	4	0,7	
Эпихлоргидрин	0,2	0,2	
Этанол	5	5	
Этилбензол	0,02	0,02	
Этилен	3	3	
Этиленоксид	0,3	0,03	
Этилхлорид	—	0,2	

\* мр — максимальная разовая.

\*\* сс — среднесуточная.

† ПДК не распространяется на аэрозоли неорганических и органических соединений (металлы и их соли, полимеры, биологические, лекарственные препараты и др.), для которых устанавливаются соответствующие ПДК.

‡ при совместном присутствии контроль проводится по ПДК хлорида железа.

†† то же — для всех неорганических соединений ртути (в пересчете на ртуть).

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1 при расчете по формуле:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} < 1$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе;  $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$  — предельно допустимые концентрации тех же веществ.

Эффектом суммации обладают:

1. Акриловая и метакриловая кислоты
2. Акриловая и метакриловая кислоты, бутилакрилат, бутилметакрилат, метилакрилат, метилметакрилат
3. Аммиак, сероводород
4. Аммиак, сероводород, формальдегид
5. Аммиак, формальдегид
6. Оксиды азота (II) и (IV) (NO и NO<sub>2</sub>), мазутная зола, диоксид серы
7. Оксид азота (IV), гексан, монооксид углерода, формальдегид
8. Оксид азота (IV), гексен, диоксид серы, монооксид углерода
9. Оксид азота (IV) и диоксид серы
10. Оксид азота (IV), диоксид серы, монооксид углерода, фенол
11. Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид
12. Ацетон, трикрезол, фенол
13. Ацетон и фенол
14. Ацетон и ацетофенон
15. Ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол
16. Ацетальдегид и винилацетат
17. Аэрозоли оксида ванадия (V) и оксидов марганца
18. Аэрозоли оксида ванадия (V) и диоксид серы
19. Аэрозоли оксида ванадия (V) и оксида хрома (III)
20. Бензол и ацетофенон
21. Валериновая, капроновая и масляная кислоты
22. Вольфрамовый ангидрид и диоксид серы
23. Гексахлоран и фозалон
24. 2,3-Дихлор-1,4-нафтахинон и 1,4-нафтахинон
25. 1,2-Дихлорпропан, 1,2,3-трихлорпропан и тетрахлорэтилен
26. Изопропилбензол и гидропероксид изопропилбензола
27. Изобутилкарбинол и диметилвинилкарбинол
28. Метилгидропиран и метилентетрагидропиран
29. Моно-, ди- и трипропиламин
30. Оксид мышьяка (III) и германий
31. Оксид мышьяка (III) и ацетат свинца
32. Озон, оксид азота (II) и формальдегид
33. Пропионовая кислота и пропионовый альдегид



34. Оксид свинца (II) и диоксид серы
35. Сероводород и формальдегид
36. Сульфаты меди, кобальта и никеля и диоксид серы
37. Диоксид серы, монооксид углерода, фенол и пыль конверторного производства
38. Диоксид серы и фенол
39. Диоксид серы и фтороводород
40. Диоксид и триоксид серы, аммиак и оксиды азота
41. Сероводород и динил
42. Сильные неорганические кислоты (серная, соляная, азотная)
43. Монооксид углерода и пыль цементного производства
44. Уксусная кислота и уксусный ангидрид
45. Фенол и ацетофенон
46. Фурфурол, метанол и этанол
47. Циклогексан и бензол
48. Этилен, пропилен, бутилен и амилен

При совместном присутствии эффектом неполной суммации обладают:

1. Вольфрамат натрия, парамолибдат аммония, ацетат свинца (коэффициент комбинированного действия  $K=1,6$ )
2. Вольфрамат натрия, оксид мышьяка (III), парамолибдат аммония, ацетат свинца ( $K=2,0$ )
3. Вольфрамат натрия, диоксид германия, оксид мышьяка (III), парамолибдат аммония, ацетат свинца ( $K=2,5$ )

При совместном присутствии сохраняются ПДК каждого вещества при изолированном воздействии:

1. Гексиловый и октиловый спирты
2. Диоксид серы и оксид цинка (II)

Эффектом потенцирования обладают:

1. Бутилакрилат и метилакрилат с коэффициентом 0,8
2. Фтороводород и соли фтора с коэффициентом 0,8

## 2.2.3. Комбинированное воздействие диоксида серы и взвешенных частиц\* [86]

Воздействие	Период усреднения	SO <sub>2</sub> , мкг/м <sup>3</sup>	Сажа (рефлектометрическое определение)** мкг/м <sup>3</sup>	Гравиметрическое определение	
				Общее содержание взвешенных частиц †, мкг/м <sup>3</sup>	Торакальные частицы ‡, мкг/м <sup>3</sup>
Кратковременное	24 ч	125	125	120††	70††
Длительное	1 год	50	50	—	—

\* Не следует сравнивать величины для разных типов взвешенных частиц, поскольку не только воздействие на здоровье, но и методы измерения их содержания различны для разных типов

\*\* Номинальное значение в мкг/м<sup>3</sup>, оцененное рефлектометрически. Применение величины рекомендуется только в местностях, где дым от сжигания угля для отопления домов является основным источником взвешенных частиц в воздухе. Не обязательна к применению там, где доминируют выбросы от дизельных двигателей.

† Измерение при помощи пробоотборника большого объема, без разделения по диаметру частиц

‡ Частицы, проникающие в легкие (диаметр менее 10 мкм)

†† Значения ориентировочные, нуждаются в дополнительном обосновании

2.2.4. Рекомендации по некоторым веществам, основанные на влиянии на растительность [86]

Вещество	Рекомендуемое предельное содержание	Период усреднения	Примечания
Азота диоксид	95 мкг/м <sup>3</sup>	4 ч	В присутствии SO <sub>2</sub> и O <sub>3</sub> уровень содержания не должен превышать 30 мкг/м <sup>3</sup> (среднее арифметическое за год) и 60 мкг/м <sup>3</sup> (среднее значение за период вегетации)
	30 мкг/м <sup>3</sup>		
Озон	200 мкг/м <sup>3</sup>	1 ч	
	65 мкг/м <sup>3</sup>	24 ч	
	60 мкг/м <sup>3</sup>	усреднение по периоду вегетации	
Пероксиацетилнитрат	300 мкг/м <sup>3</sup>	1 ч	
	80 мкг/м <sup>3</sup>	8 ч	
Серы диоксид	30 мкг/м <sup>3</sup>	1 год	Недостаточно для защиты в случае экстремальных климатических или топографических условий
	100 мкг/м <sup>3</sup>	24 ч	

### 2.2.5. Воздействие загрязнений атмосферного воздуха на растения

Концентрации вредных примесей по-разному оказывают влияние как на культурные, так и на дикорастущие виды растений. Растения имеют различную чувствительность к примесям в зависимости как от их концентрации, так и от продолжительности воздействия (рис. 9).

Группа экспертов ВОЗ для оценки воздействия  $\text{SO}_2$  на окружающую среду, человека и растительность рекомендовала пользоваться графиком, приведенным на рис. 9. Из него следует, что при небольших концентрациях  $\text{SO}_2$  растения могут повреждаться при больше продолжительности времени воздействия, так, например, при концентрации больше  $0,2 \text{ мг/м}^3$  растения могут повреждаться в течение месяца. При уменьшении времени воздействия концентрация веществ, приводящих к повреждению, увеличивается, так кратковременное до 5 минут резкое увеличение концентрации (которое может наблюдаться при залповых выбросах и при авариях) может привести к повреждению и гибели растительности. Однако зависимости эти еще недостаточно изучены. Нередко отмечаются случаи повреждения деревьев, особенно хвойных, при весьма малых концентрациях  $\text{SO}_2$ .

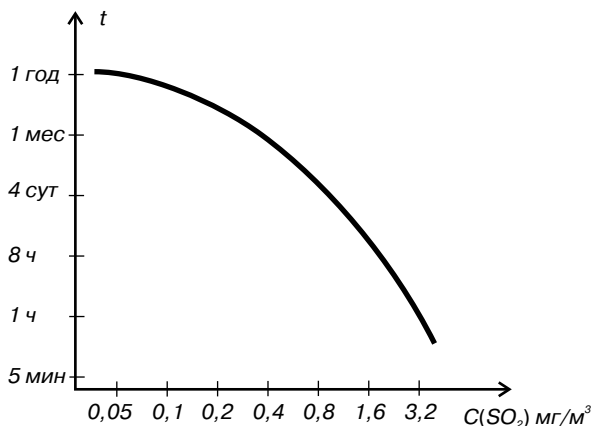


Рис. 9. Зависимость между концентрацией  $\text{SO}_2$ , при которой повреждаются растения, и временем воздействия [91]

2.2.5.1. Сравнительная устойчивость растений к  $\text{SO}_2$  и пороговые концентрации  $\text{SO}_2$  (в  $\text{млн}^{-1}$ ) [91].

Растение	Устойчивость		Повреждение		
	Значение	Степень	слабое	на 50%	на 100%
Люцерна	1,0	слабая	1,2	3,5	5,8
Овес	1,3	слабая	1,5	4,6	7,5
Клевер	1,4	слабая	1,6	4,9	8,1
Пшеница	1,5	слабая	1,8	5,2	8,7
Горох	2,1	средняя	2,5	7,4	12,2
Виноград	2,2	средняя	2,6	7,7	12,8
Абрикос	2,3	средняя	2,8	8,0	13,5
Картофель	3,0	значительная	3,6	10,5	17,4
Кукуруза	4,0	значительная	4,8	14,0	23,2
Огурцы	4,2	значительная	5,0	14,7	24,4
Сосна	7	значительная	8,4	24,5	40,6

2.2.5.2. Основные загрязняющие вещества, образующиеся в процессе производства, и их предельно допустимые концентрации для растений и человека [92, 93].

Вещество	ПДКрастений, $\text{мг}/\text{м}^3$			ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$		Производство
	1972 г.	1978 г.	1979 г.	м.р.	с.с.	
Диоксид серы	0,02	0,02	0,02	0,5	0,05	Практически везде
Оксид азота (IV)	0,05	—	0,02	0,085	0,04	Практически везде
Оксид углерода (II)	—	4000	—	5	3	Практически везде
Аммиак	0,1	0,1	0,05	0,2	0,04	Химическое
Хлор	—	—	0,025	0,1	0,03	Химическое
Сероводород	—	0,02	0,02	0,008	—	Химическое, металлургия

Вещество	ПДКрастений, мг/м <sup>3</sup>			ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Производство
	1972 г.	1978 г.	1979 г.	м.р.	с.с.	
Метанол	0,2	—	—	1	0,5	Химическое
Бензол	0,1	—	—	1,5	0,1	Нефтехимическое
Формальдегид	0,02	—	—	0,035	0,03	Деревообработка, химическое
Циклогексан	0,2	—	—	1,4	1,4	Нефтехимическое
Пары серной к-ты	0,1	—	—	0,3	0,1	Химическое

### 2.2.5.3. Биоиндикаторы вредных веществ в воздухе [91, 94]

Загрязняющие вещества	Биоиндикаторы	Симптомы
HF	Гладиолус, тюльпан, ирис, петрушка	Некрозы верхушек и краев листьев
O <sub>3</sub>	Табак, шпинат, соя	Ожог поверхности листа, заболевание и гибель
Пероксиацетилнитрат (компонент смога)	Крапива, мятлик	Полосчатые некрозы на нижней стороне листьев
SO <sub>2</sub>	Люцерна, гречиха, подорожник, горох, клевер	Межилковые хлорозы и некрозы
NO <sub>2</sub>	Шпинат, махорка, сельдерей	Межилковые некрозы
Cl <sub>2</sub>	Шпинат, фасоль, салат, петуния, томат	Побледнение листьев Деформация хлоропластов
Фторид-ионы, ионы тяжелых металлов	Каштан, горчица, капуста, полевица	Накопление в сухом веществе
Фтор газообразный	Хвойная растительность	Хлорозы, некрозы, угнетение фотосинтеза
Сочетание вредных веществ в воздухе: SO <sub>2</sub> , HCl, NO <sub>2</sub> , HF	Хвойная растительность	Снижение содержания хлорофиллов, уменьшение возраста живых игл, задержка роста, угнетение

### 2.3. Нормативы содержания загрязняющих веществ в воде

#### 2.3.1. Предложения Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по качеству питьевой воды [86]

Показатели	Рекомендации ВОЗ по безвредной для человека концентрации веществ в питьевой воде	Допустимое поступление химических веществ в организм человека	Сведения о токсичности соединений химических веществ для животных и человека
Алюминий	0,2 мг/дм <sup>3</sup>	—*	
Железо	0,3 мг/дм <sup>3</sup>	—	
Жесткость (по карбонату кальция)	500 мг/дм <sup>3</sup>	—	
Кадмий	0,005 мг/дм <sup>3</sup>	—	
Марганец	0,1 мг/дм <sup>3</sup>	—	
Медь	1 мг/дм <sup>3</sup>		
Мутность	5 нефелометрических единиц мутности (НЕМ), если применяется обеззараживание воды	—	
Натрий	200 мг/дм <sup>3</sup>	—	При использовании воды с концентрацией натрия 100 мг/дм <sup>3</sup> у детей повышается давление
Никель	—	—	Показано слабое токсическое действие на животных при концентрации 5–1000 мг/дм <sup>3</sup> .
Нитраты	Рекомендовано для азота нитратов 10 мг/дм <sup>3</sup>	—	Концентрация нитратов до 20 мг/дм <sup>3</sup> не вызывала никаких клинических эффектов у грудных детей

Показатели	Рекомендации ВОЗ по безреальной для человека концентрации веществ в питьевой воде	Допустимое поступление химических веществ в организм человека	Сведения о токсичности соединений химических веществ для животных и человека
Нитриты	Концентрация азота нитритов ниже 1 мг/дм <sup>3</sup>	—	—
pH	от 6,5 до 8,5	—	—
Ртуть	0,001 мг/дм <sup>3</sup>	—	Продолжительное потребление 0,025 мг/дм <sup>3</sup> метил-ртути вызывает неврологические нарушения у человека
Свинец	0,05 мг/дм <sup>3</sup>	Ориентировочно допустимое еженедельное потребление — 3 мг/чел.	—
Селен	0,01 мг/дм <sup>3</sup>	—	—
Серебро	В рекомендации нет необходимости	> 180 мкг/сут	—
Сульфаты	400 мг/дм <sup>3</sup>	—	—
Сухой остаток	1000 мг/дм <sup>3</sup>	—	—
Фтор	1,5 мг/дм <sup>3</sup>	-	При концентрации в воде выше 1,5 мг/дм <sup>3</sup> у человека возникает краточность зубов, 3-6 мг/дм <sup>3</sup> — флюороз скелета, более 10 мг/дм <sup>3</sup> — инфекционный флюороз
Хлориды	250 мг/дм <sup>3</sup>	—	—
Хром (общий)	0,05 мг/дм <sup>3</sup>	—	—
Цветность	Рекомендация выдана на 15 единиц истинной цветности	—	—



Цианиды	0,1 мг/дм <sup>3</sup>	4,7 мг/сут	
Цинк	5 мг/дм <sup>3</sup>	—	
<b>Органические вещества</b>			
Альдрин и дильдрин	—	0,0001 мг/кг массы тела	
Бензол	10 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
Гамма-ГХЦГ (линдан)	Рекомендация не дана, так как с питьевой водой булет поступать менее 1% ДСП**	—	
Гептахлор и гептахлорэпоксид	Рекомендовано 0,1 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
ДДТ	—	Условная величина ДСП 0,005 мг/кг массы тела	
1,2-дихлорэтан	10 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
1,1-дихлорэтилен	0,3 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
Метоксихлор	—	0,1 мг/кг массы тела человека в сутки	
ПАВ - анионные детергенты	0,2 мг/дм <sup>3</sup>	—	
Пентахлорфенол	10 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
Тетрахлорэтилен	10 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
2,4,6-трихлорфенол	10 мкг/дм <sup>3</sup> (порог вкуса и запаха — 0,1 мкг/дм <sup>3</sup> )	—	
Трихлорэтилен	30 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
Фенолы и хлорфенолы	Не должны присутствовать в питьевой воде в концентрации выше 0,1 мкг/дм <sup>3</sup>	—	

Показатели	Рекомендации ВОЗ по безреальной для человека концентрации веществ в питьевой воде	Допустимое поступление химических веществ в организм человека	Сведения о токсичности соединений химических веществ для животных и человека
Хлорбензолы:			
гексахлорбензол	Ориентировочная величина 0,01 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
монохлорбензол	Предельный уровень 5–10 мкг/дм <sup>3</sup> веществ	—	
1,2-дихлорбензол	3 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
1,4 дихлорбензол	1 мкг/дм <sup>3</sup>	ДСП — 0,014–0,0014 мг/кг массы тела	
Хлордан	—	0,001 мкг/кг массы тела	
Хлороформ	30 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
Хлорфенолы	Общее содержание в воде должно под-держиваться ниже 1 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
Четыреххлорис-тый углерод	3 мкг/дм <sup>3</sup>	—	
Суммарная альфа-активность	0,1 Бк/дм <sup>3</sup>	—	
Суммарная бета-активность	1 Бк/дм <sup>3</sup>	—	

\* Прочерк означает, что соответствующий норматив не установлен

\*\* ДСП – допустимое суточное поступление

2.3.2. Стандарты содержания приоритетных неорганических загрязняющих веществ в питьевой воде [95]

Вещество	ВОЗ	США	Канада	Предельная концентрация, мг/дм <sup>3</sup>				Россия
				ЕС	Франция	Германия	Россия	
Асбест	—*	7,1**	—	—	—	—	—	—
Барий	—	1	1	0,05	—	—	—	0,1
Бериллий	—	—	—	—	—	—	—	0,0002
Бор	—	—	5,0	0,1	—	—	—	0,5
Ванадий	—	—	—	—	—	—	—	0,1
Кадмий	0,005	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005	—	0,001
Молибден	—	—	—	—	—	—	—	0,25
Мышьяк	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
Никель	—	—	—	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Нитраты	10 <sup>†</sup>	10 <sup>†</sup>	10 <sup>†</sup>	50	50	50	50	45
Нитриты	0,01 <sup>†</sup>	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	3,0
Ртуть	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0005
Свинец	0,05	0,05	0,05	0,05	0,001	0,04	0,04	0,03
Селен	—	0,01	0,01	0,01	0,01	—	—	0,01
Серебро	—	0,05	0,05	0,01	0,01	—	—	0,05
Сурьма	—	—	—	0,01	0,01	—	—	0,05
Таллий	—	—	—	—	—	—	—	0,0001
Фтор	1,5	4	1,5	1,5	0,05	1,5	1,5	1,5
Хром (VI)	0,05	0,05	0,05	0,005	0,05	0,05	0,05	0,05
Цианиды (CN <sup>-</sup> )	0,1	—	0,2	0,05	1,5	0,05	0,05	0,035

\* Прочерк означает, что соответствующий норматив не установлен

\*\* млн. волокон/дм<sup>3</sup>

† в пересчете на азот

### 2.3.3. Гигиенические требования к качеству питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1074-01 [11]

#### 2.3.3.1. Микробиологические и паразитологические показатели

Наименование показателя	Норматив
Термотолерантные колиформные бактерии, число в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии, число в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число, число образующихся колоний бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги, число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий, число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий, число цист в 50 мл	Отсутствие

#### 2.3.3.2. Органолептические показатели

Наименование показателя	Норматив
Запах, баллы	2
Привкус, баллы	2
Цветность, градусы Pt-Co шкалы	20 (35)
Мутность, ЕМФ (ед.мутности по формазину) или мг/дм <sup>3</sup> (по каолину)	1,5 (2)

По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы допускается увеличение цветности воды до 35°, мутности (в паводковый период) — до 2 мг/дм<sup>3</sup>.

#### 2.3.3.3. Содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения

Наименование показателя	Норматив, не более	Показатель вредности	Класс опасности
Хлор			
остаточный свободный, мг/дм <sup>3</sup>	в пределах 0,3-0,5	орг.	3
остаточный общий, мг/дм <sup>3</sup>	в пределах 0,8-9,0	орг.	3
Хлороформ (при хлорировании воды), мг/дм <sup>3</sup>	0,2	с.-г.	2
Озон остаточный, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	орг.	
Формальдегид (при озонировании воды), мг/дм <sup>3</sup>	0,05	с.-г.	2
Полиакриламид, мг/дм <sup>3</sup>	2,0	с.г.	2
Активированная кремнекислота (по Si), мг/дм <sup>3</sup>	0,5	с.-г.	2
Полифосфаты (по PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	3,5	орг.	3

Наименование показателя	Норматив, не более	Показатель вредности	Класс опасности
Остаточные количества коагулянтов, мг/дм <sup>3</sup>			
алюминийсодержащих (по Al <sup>3+</sup> )	0,5	с.-т.	2
железосодержащих (по Fe)	0,3	орг.	3
орг. — органолептический			
с.-т. — санитарно-токсикологический			

2.3.3.4. Нормативы содержания вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение

Наименование показателя	Норматив, не более	Показатель вредности	Класс опасности
Водородный показатель, ед. рН	в пределах 6,0-9,0		
Общая минерализация (сухой остаток), мг/дм <sup>3</sup>	1000 (1500)		
Жесткость общая (карбонатная), ммоль/дм <sup>3</sup>	7 (1,0)		
Окисляемость перманганатная, мг/дм <sup>3</sup>	5,0		
Нефтепродукты, суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные, мг/дм <sup>3</sup>	0,5		
Фенольный индекс, мг/дм <sup>3</sup>	0,25		
<b>Неорганические вещества</b>			
Алюминий (Al <sup>3+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,1	—" —	2
Бериллий (Be <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,0002	—" —	1
Бор (В), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	—" —	2
Железо (Fe), суммарно (хлорное), мг/дм <sup>3</sup>	0,3 (1,0)	орг.	3(4)
Кадмий (Cd), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	орг.	3
Медь (Cu <sup>2+</sup> ), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	1,0	—" —	3
Молибден (Mo), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,25	—" —	2
Мышьяк (As), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	—" —	2
Никель (Ni), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	—" —	3
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	45,0	орг.	3
Ртуть (Hg), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,03	—" —	2

Наименование показателя	Норматив, не более	Показатель вредности	Класс опасности
Селен (Se), суммарно, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	—"—	2
Стронций (Sr <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	7,0	—"—	2
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	500	орг.	4
<b>Фториды (F), мг/дм<sup>3</sup></b> для климатических районов:			
I и II	1,5	с.-т.	2
III	1,2	—"—	2
IV	0,7	—"—	2
Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	350	орг.	4
Хром (Cr <sup>+6</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,035	—"—	2
Цинк (Zn), мг/дм <sup>3</sup>	5	орг.	3
<b>Органические вещества</b>			
Линдан, мг/дм <sup>3</sup>	0,002	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров), мг/дм <sup>3</sup>	0,002	—"—	2
2,4-Д	0,03	—"—	2

орг. — органолептический

с.-т. — санитарно-токсикологический

2.3.3.5. Гигиенические нормативы содержания некоторых вредных веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека

Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
<b>Неорганические</b>		
Аммиак (по азоту)	Общесанитарный	2
Барий	Органолептический	4
Ванадий	Санитарно-токсикологический	0,1
Железо	Органолептический	0,5
Кадмий	Санитарно-токсикологический	0,01
Кобальт	Санитарно-токсикологический	1
Медь	Органолептический	1
Молибден	Санитарно-токсикологический	0,5
Мышьяк <sup>1</sup>	Санитарно-токсикологический	0,05
Никель	Санитарно-токсикологический	0,1
Нитраты (по азоту)	Санитарно-токсикологический	10
Роданиды	Санитарно-токсикологический	0,1
Ртуть	Санитарно-токсикологический	0,005
Свинец	Санитарно-токсикологический	0,1
Селен	Санитарно-токсикологический	0,001

Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
Стронций (стабильный)	Санитарно-токсикологический	2
Сульфиды	Общесанитарный	Отсут- ствие
Сурьма	Санитарно-токсикологический	0,05
Теллур	Санитарно-токсикологический	0,01
Фтор**	Санитарно-токсикологический	1,5
Хлор активный <sup>†</sup>	Общесанитарный	Отсут- ствие <sup>‡</sup>
Хром (III)	Органолептический	0,5
Хром (VI)	Органолептический	0,1
Цианиды <sup>††</sup>	Санитарно-токсикологический	0,1
Цинк	Общесанитарный	0,1
<b>Органические</b>		
Алдрин	Органолептический	0,002
Алкилбензосульфوناتы	Органолептический	0,5
Алкилсульфаты	Органолептический	0,5
Алкилсульфонаты	Органолептический	0,5
Ацетальдегид	Органолептический	0,2
Бензин	Органолептический	0,1
Бензол	Санитарно-токсикологический	0,5
Гексахлоран	Органолептический	0,02
Гидрохинон	Органолептический	0,2
ДДТ	Санитарно-токсикологический	0,1
Диэтиленгликоль	Санитарно-токсикологический	1
Диэтилртуть	Санитарно-токсикологический	0,0001
Капролактам	Общесанитарный	1
Керосин окисленный	Органолептический	0,01
Керосин осветительный	Органолептический	0,05
Керосин сульфированный	Органолептический	0,1
Керосин технический	Органолептический	0,01
Керосин тракторный	Органолептический	0,01
<i>m</i> -Крезол	Санитарно-токсикологический	0,004
<i>n</i> -Крезол	Санитарно-токсикологический	0,004
Ксилол	Органолептический	0,05
Меркаптофос	Органолептический	0,01
Метакриламид	Санитарно-токсикологический	0,1
Метанол	Санитарно-токсикологический	3
Метилметакрилат	Санитарно-токсикологический	0,01
Нафтеновые кислоты	Органолептический	0,3
Нефть многосернистая	Органолептический	0,1
Нефть прочная	Органолептический	0,3

Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
Нитробензол	Санитарно-токсикологический	0,2
ПАВ	Органолептический	0,2
Пиридин	Санитарно-токсикологический	0,2
Резорцин	Общесанитарный	0,1
Сапонин	Органолептический	0,2
Сероуглерод	Органолептический	1
Симазин	Органолептический	Отсутствие
Тетраэтилсвинец	Санитарно-токсикологический	Отсутствие
Тиофос	Органолептический	0,2
Толуол	Органолептический	10,003
Фенилгидразин	Санитарно-токсикологический	0,01
Фенол	Органолептический	0,001
Формальдегид	Санитарно-токсикологический	0,05
Хлорбензол	Санитарно-токсикологический	0,02
Хлорофос	Органолептический	0,05
Циклогексан	Санитарно-токсикологический	0,1
Четыреххлористый углерод	Санитарно-токсикологический	0,3
Этиленгликоль	Санитарно-токсикологический	1

\* исключая органические соединения

\*\* в соединениях

† с учетом хлоропоглощаемости воды

‡ требование не относится к остаточному хлору, содержащемуся в обеззараженных сточных водах

†† простые и комплексные

### 2.3.3.6. Нормативы показателей общей $\alpha$ - и $\beta$ - активности

Показатели	Единицы измерения	Нормативы	Показатели вредности
Общая $\alpha$ -радиоактивность	Бк/л	0,1	радиационный
Общая $\beta$ -радиоактивность	Бк/л	1,0	радиационный



2.3.4. Предельно допустимая концентрация в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей [25а,90].

Наименование показателя	Норматив (ПДК <sub>вр</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>
Общая минерализация (сухой остаток), мг/дм <sup>3</sup>	1000 (1500)
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные, мг/дм <sup>3</sup>	0,5
<b>Неорганические вещества</b>	
Алюминий (Al <sup>3+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,08
Барий (Ba <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	2,0
Бор (В <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	10,0 для морских водоемов
Железо (Fe, суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	0,05 для мор. вод.
Кадмий (Cd, суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	0,005; 0,01 для мор. вод.
Марганец (Mn <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,01; 0,05 для мор. вод.
Медь (Cu, суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	0,005 для мор. вод.
Молибден (Mo <sup>+6</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,0004; 0,012 прир.фон.сод.
Мышьяк (As, суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	0,05; 0,01 для мор. вод.
Никель (Ni <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,01
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	40,0
Ртуть азотнокислая, окисная, мг/дм <sup>3</sup>	0,0001 по Hg. Отсутствие по Hg <sup>+2</sup>
Свинец (Pb, суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	0,1; 0,01 для мор.вод.
Селен (Se <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,0016 прир.фонов. содержание
Стронций (Sr, стабильный), мг/дм <sup>3</sup>	10,0 для мор. вод.
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	100,0; 3,5 г/дм <sup>3</sup> для мор.вод.
Фториды (F <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,05
IV-климатического региона	
Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	300,0; 11,9 г/дм для мор.вод.
Хром (Cr <sup>+6</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,001
Хром (Cr <sup>3+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,005
Цианиды (CN <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,05
Цинк (Zn, суммарный), мг/дм <sup>3</sup>	0,01; 0,05 для мор.вод.
Аммиак (по азоту)	0,05
Ванадий (V, суммарный), мг/дм <sup>3</sup>	0,001
Кобальт (Co, суммарный), мг/дм <sup>3</sup>	0,0; 0,005 для мор.вод.
Роданиды	0,15
Теллур (Tl, суммарный), мг/дм <sup>3</sup>	0,002 прир. фонов.сод.

Наименование показателя	Норматив (ПДК <sub>вр</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>
<b>Органические вещества</b>	
Алкилсульфат, первичный	0,2
Алкилсульфонаты	0,5
Бензол	0,5
Гексахлоран	Отсутствие
Гептил	0,0005
Гидрохинон	0,001
ДДТ	Отсутствие
Капролактан	0,01
Кислота адипиновая	6,0
Кислота муравьиная	1,0
Кислоты жирные окислированные (ОЖК)	3,9
<i>o</i> -Крезол	0,003
Ксилол	0,05
Лигнин сульфатный лиственный	2,0
Лигнин сульфатный хвойный	2,0
Нефтепродукты и нефть	0,05; 0,05 для мор.вод.
Нитробензол	0,01
ПАВ	0,2
Пиридин	0,01
Полиакриламид остаточный, мг/дм <sup>3</sup>	2,0
Резорцин	0,004
Сероуглерод	1
Симазин	0,0024
Спирт метиловый	0,1
Спирт изопропиловый	0,01
Спирт изобутиловый	2,4
Спирт изогексиловый	0,002
Тиофос	0,2
Тиомочевина	1,0
Толуол	0,5
Фенол	0,001
Формальдегид бисульфита натрия 1-водного	0,01
Хлорбензол	0,001
Хлорофос	Отсутствие
Циклогексан	0,01
Этиленгликоль	0,25

## 2.4. Нормативы содержания загрязняющих веществ в почве

### 2.4.1. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве [29, 76, 87]

Название вещества или сложных смесей постоянного состава	ПДК <sub>п</sub> , мг/кг воздушно-сухой массы	Лимитирующий показатель
Альфаметилстирол	0,5	Миграционный воздушный
Атразин	0,5	Переход в растения
Ацетальдегид	10,0	Миграционный воздушный
Бензол	0,3	—"—
Бенз(а)пирен	0,02	—"—
ГХЦГ (линдан)	0,1	Переход в растения
ГХЦГ (гексахлоран)	0,1	—"—
ГХВД (гексахлорбутадиен)	0,5	—"—
Гептахлор	0,05	—"—
ДДТ и его метаболиты	0,1	—"—
2,4-Д-дихлор-феноксикусусная кислота	0,1	Транслокационный
2,4- Дихлорфенол	0,05	—"—
Диурон	0,5	—"—
Изопропилбензол	0,5	Миграция в воздух
Изопропилбензол+ альфаметилстирол	0,5	—"—
Карбофос	2,0	Переход в растения
Кельтан	1,0	—"—
Линурон	1,0	Переход в растения
Малолетучие эфиры группы 2,4-Д	0,15	Транслокационный
Марганец	1500	Общесанитарный
Марганец+ванадий	1000+100	—"—
Медь	3,0 (для подвижных форм, извлекаемых ацетатно-аммонийным раствором рН 4,8)	Общесанитарный (влияние на биологическую активность и почвенный микробиоценоз)
Метатион	1,0	Транслокационный
Метафос	0,1	Переход в растения
Монурон	0,3	Транслокационный
Мышьяк	2,0	Переход в растения

Название вещества или сложных смесей постоянного состава	ПДК <sub>п</sub> , мг/кг воздушно-сухой массы	Лимитирующий показатель
Никель	4,0	Общесанитарный
Нитраты	130,0	Миграционный водный
Патанол	0,25	Переход в растения
Пиримор	0,3	Водномиграционный
Политриазин	0,1	Общесанитарный
Полихлоркамфен	0,5	Переход в растения
Полихлорпинен	0,5	—"—
Прометрин	0,5	—"—
Пропанид	1,5	—"—
Рогор	0,3	Переход в растения
Ронит	0,8	Транслокационный
Ртуть	2,1	Переход в растения
Свинец	20,0	Общесанитарный
Севин	0,05	Переход в растения
Симазин	0,2	—"—
Сурьма	4,5 (валовое содержание)	Миграционный водный
Суперфосфат	200	—"—
Толуол	0,3	Миграционный воздушный и транслокационный
Удобрения гранулированные комплексные	120 мг/кг почвы	Миграционный водный
Удобрения жидкие комплексные	80 мг/кг почвы	Миграционный водный
Фенурон	1,8	Миграция в грунтовые воды
Фозалон	0,5	Переход в растения
Формальдегид	7,0	Общесанитарный
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	200	Переход в растения
Фталофос	0,1	—"—
Хлорамп	0,05	—"—
Хлорофос	0,5	—"—
Хром шестивалентный	0,05	—"—
Цинк	23,0 (для подвижных форм, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором рН 4,8)	Транслокационный

2.4.2. Критерии экологической оценки загрязнения почв и грунтовых вод в жилых районах (в соответствии с зарубежными нормами) [по 96]

Вредные вещества	Германия: г. Берлин, земля Бранденбург										Нидерланды			
	Допустимые концентрации вредных веществ для площадок по категориям*:										Концентрации вредных веществ			
	(мг/кг сухого вещества)			Грунтовые воды (мкг/л)							Почва (мг/кг сухого в-ва)			Грунтовые воды (мкг/л)
	категория			категория							допусти-мые	треб. вме-шательства	допусти-мые	треб. вме-шательства
	I	II	III	I	II	III	IV	V	VI	VII	8	9	10	11
<b>1</b>	2	3	4	5	6	7								
<b>1. Металлы</b>														
мышьяк	10	20	40	40	60	80					29	55	10	60
свинец	100	500	600	40	60	150					85	530	15	75
молибден	—	—	—	—	—	—					10	200	5	300
кадмий	2	10	20	5	10	15					0,8	12	0,4	6
хром (общий)	150	400	600	50	100	200					100	380	1	30
хром, VI	25	50	100	20	30	40					—	—	—	—
кобальт	100	200	300	50	150	200					20	240	20	100
медь	200	300	600	40	60	150					36	190	15	75
никель	200	250	300	50	75	100					35	210	15	75
ртуть	0,5	1	10	1	2	3					0,3	10	0,05	0,3
цинк	500	2000	3000	1000	1500	2000					140	720	65	800

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
олово	100	300	1000	40	100	150	—	—	—	—
барий	—	—	—	—	—	—	200	625	50	625
<b>2. Прочие неорганические вещества</b>										
цианиды (сум.), в комплексных соединениях:										
pH < 5	5	50	100	50	150	200	5	650	10	1500
pH > 5	—	—	—	—	—	—	5	50	10	1500
цианиды, свободные	1	5	10	5	1	150	1	20	5	1500
трицианаты (сум.)	—	—	—	—	—	—	—	20	—	1500
сульфаты	—	—	—	240 мг/л	500 мг/л	1000 мг/л	—	—	—	—
фосфаты	—	—	—	500	700	700	—	—	—	—
нитриты	—	—	—	100	200	300	—	—	—	—
нитраты	—	—	—	50 мг/л	100 мг/л	200 мг/л	—	—	—	—
аммиак	—	—	—	500	2000	3000	—	—	—	—
фториды	500	1000	2000	1500	3000	4000	—	—	—	—
<b>3. Ароматические углеводороды</b>										
моноароматические углеводороды (сум.)	5	15	25	20	40	80	7	70	30	100
бензол	0.5	3	5	1	5	10	0,05	1	0.2	30

толуол	5	15	25	20	40	80	0,5	130	0,2	1000
ксилол	5	15	25	20	40	80	0,5	25	0,2	70
этилбензол	—	—	—	—	—	—	0,05	50	0,2	150
<b>4. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)</b>										
(суммарно)	10	50	100	5	10	20	1	40	—	—
нафталин	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	70
бенз(а)пирен	—	—	—	—	—	—	—	—	0,001	0,05
<b>5. Алифатические галогенозамещенные углеводороды</b>										
летучие галогенозамещенные углеводороды (суммарно)	5	25	50	25	40	80	—	—	—	—
летучие хлорированные углеводороды (суммарно)	5	25	50	25	40	80	7	70	15	70
монохлорэтен	1	3	5	1	1,5	2	—	—	—	—
<b>6. Ароматические галогенозамещенные углеводороды</b>										
полихлорированные бифенилы (суммарно)	1	3	5	0,5	1	1,5	0,02	1	0,01	0,01
хлорбензолы	1	3	5	0,5	2	3	—	30	—	—
хлорфенолы	1	3	5	0,2	1	3	—	10	—	—
<b>7. Фенолы и алкоголы</b>										
фенолы (суммарно)	50	100	150	20	50	70	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
фенолы, летучие под водяным паром	1	3	5	2	5	10	—	—	—	—
метанол	100	120	150	5 мг/л	10 мг/л	20 мг/л	—	—	—	—
изопропанол	100	120	150	5 мг/л	10 мг/л	20 мг/л	—	—	—	—
гликоль	100	120	150	5 мг/л	10 мг/л	20 мг/л	—	—	—	—
<b>8. Нефтяные углеводороды (минеральные масла)</b>	300	3000	5000	500	1000	2000	50	5000	50	600
<b>9. Пестициды в целом ДДТ/ДДЕ/ДДД (сум.)</b>	0.5	1	2	0.1	2	3	0.0025	4	—	0.01

\* Категории площадок: I — водоохранные зоны, заповедники; II — древние речные долины; III — водоразделы.



2.4.3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности [30]

Наименование вещества	Форма содержания	ПДК в-ва мг/кг почвы с учетом фона	Уровни показателей вредности (К1 – К4) и максимальный из них — Кmax в мг/кг				Класс опасности
			Транслокационный (К1)	Миграционный		Общесанитарный (К4)	
				Водный (К2)	Воздушный (К3)		
1	2	3	4	5	6	7	8
Мель	Подвижные формы извлекаемые из почвы ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8	3	3,5	72	—	3	2
Хром	Подвижные формы извлекаемые из почвы ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8	6	6	6	6	6	2
Никель	Подвижные формы извлекаемые из почвы ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8	4	6,7	14	—	4	2
Цинк	Подвижные формы извлекаемые из почвы ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8	23	23	200	—	37	1

1	2	3	4	5	6	7	8
Марганец чернозем	Подвижные формы извлекаемые из почвы ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8	140	320	1860	—	140	3
Марганец (дерново- подзолистая с рН 4)	—"—	60	220	1000	—	60	3
Марганец (дерново- подзолистая с рН 1,4- 5,6)	—"—	80	220	1000	—	80	3
Марганец (дерново- подзолистая с рН > 6)	—"	100	—	1600	—	100	3
Марганец (черноземы)	Извлекаемый 0,1н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	700	1600	9300	—	700	3
Марганец (дерново- подзолистая с рН 4)	—"	300	1100	5000	—	300	3
Марганец (дерново- подзолистая с рН 5,1-6)	—"	400	1100	5000	—	400	3
Марганец (дерново- подзолистая с рН > 6)	—"	500	1100	8000	—	500	3
Кобальт	Аммонийно-нагриевый буфер рН 3,5 для сероземов и 4,7 для дерново-подзолистой почвы	5	25	> 1000	—	5	2
Фтор	Водорастворимый	10	10	10	—	25	1

Сурьма	Валовая	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	50	2
Марганец	—"	1500	3500	15000	—	1500	1500	3
Ванадий	—"	150	170	350	—	150	150	3
Марганец + ванадий	—"	1000 + 100	1500 + 150	2000 + 200	—	1000 + 100	1000 + 100	3
Свинец	—"	32	35	260	—	32	32	1
Мышьяк	—"	2	2	15	—	10	10	1
Ртуть	—"	2,1	2,1	33,3	2,5	5	5	1
Свинец + ртуть	—"	20 + 1	20 + 1	30 + 2	—	30 + 2	30 + 2	1
Хлористый калий K <sub>2</sub> O	—"	560	1000	560	1000	5000	5000	3
Нитраты	—"	130	180	130	—	225	225	2
Сернистые соединения (S): элементарная сера	—"	160	180	380	—	160	160	3
Сероводород H <sub>2</sub> S	—"	0,4	160	140	0,4	160	160	3
Серная кислота	—"	160	180	380	—	160	160	1
Отходы флотации угля (ОФУ)*	—"	3000	9000	3000	6000	3000	3000	2
Комплексные гранулированные удобрения (КГУ)**: NPK (64:0:15)	—"	120	800	120	800	800	800	3

1	2	3	4	5	6	7	8
Жидкие комплексные (ЖКУ)†: НРК (10:4:0)	"—"	80	>800	80	>8000	800	3
Бенз(а)пирен	"—"	0,02	0,2	0,5	—	0,02	1

\* ПДК ОФУ контролируются по содержанию бенз(а)пирена в почве, которое не должно превышать ПДК бенз(а)пирена.

\*\* ПДК КГУ состава НРК (64:0:15) контролируются по содержанию нитратов в почве, которое не должно превышать 76,8 мг/кг абс. сухой почвы.

† ПДК ЖКУ состава НРК (10:4:0) ТУ 6-08-290-74 с добавками марганца не более 0,6 % от общей массы контролируются по содержанию подвижных фосфатов в почве, которое не должно превышать 27,2 мг/кг абс. сухой почвы.

## 2.4.4. Критерии оценки степени загрязнения почв [30]

2.4.4.1. Критерии оценки степени загрязнения почв неорганическими веществами

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
	1 класс	2 класс	3 класс
Класс опасности вещества			
$> K_{\max}$	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От ПДК <sub>n</sub> до $K_{\max}$	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 2 фоновых значений до ПДК <sub>n</sub>	Слабая	Слабая	Слабая

2.4.4.2. Критерии оценки степени загрязнения почв органическими веществами

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
	1 класс	2 класс	3 класс
Класс опасности вещества			
$> 5 \text{ ПДК}_n$	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От 2 до ПДК <sub>n</sub>	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 1 до 2 ПДК <sub>n</sub>	Слабая	Слабая	Слабая

## 2.4.5. Концентрации металлов — фоновые, оказывающие влияние на растения и значение ПДКп [97-98]

Вещество	Среднее по СНГ, мг/кг	Концентрации, оказывающие влияние, мг/кг	ПДК <sub>п</sub> , мг/кг	Тв. выбросы металлургического комбината, мг/кг	Сажа, ТЭС, мг/кг	Автострады, мкг/м <sup>2</sup> в месяц
Медь	0,01-0,02	0,06	3	—	340	60-140
Цинк	до 0,4	0,43 - 0,725	23	—	8000	—
Свинец	—	0,364	6	250-440	—	—

## 2.5. Гигиенические нормативы, установленные для некоторых токсичных хлорорганических соединений

### 2.5.1. Предельно допустимые концентрации или уровни диоксинов в природных объектах и пищевых продуктах [55]

Объект	Единица измерения	США	Германия	Италия	Нидерланды	Россия
Воздух атмосферный	пг/м <sup>3</sup>	0,02	—	0,04	0,024	0,5
рабочей зоны		0,13	—	0,12	—	—
Вода питьевая	пг/дм <sup>3</sup>	0,013	0,01	0,05	—	20
Почва сельскохозяйственных угодий	нг/кг	0,1	1,0	5,0	4,0	—
не используемая в сельском хозяйстве	нг/кг	1000	—	50	—	—
Отходящие газы МСЗ*	нг/м <sup>3</sup>	—	0,1	—	0,1	—
Пищевые продукты молоко**	нг/кг	—	1,4	—	0,1	5,2
рыба	нг/кг	—	—	—	—	11
мясо	нг/кг	—	—	—	—	0,9

\* МСЗ – мусоросжигательный завод

\*\* в пересчете на жир

### 2.5.2. Значения гигиенических нормативов для хлорорганических пестицидов [55]

Норматив	ГХЦГ	Линдан	Альдрин	Гептахлор	ДДТ
<b>Воздух</b>					
ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,03	0,03	0,001	0,001	0,001
ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,03	0,03	—	0,0002	0,0005
<b>Вода</b>					
ПДК, мг/дм <sup>3</sup> *	0,02	0,02	0,002	0,05	0,1
<b>Почва</b>					
ПДК <sub>п</sub> , мг/кг	0,1	0,1	—	—	0,1
<b>Корма для сельскохозяйственных животных</b>					
ОДК, мг/кг	0,05	0,05	0**	0	0,05

<i>Пищевые продукты</i>					
ОДК, мг/кг					
зерновые, овощи	0,5	0,5	0	0	0,1
сливочное масло, жир	0,2	0,2	0	0	1,25†
рыба	0,2	0,2	0	0	0,2
молоко, мясо, яйца	0,005	0,005	0	0	0,005
Летальная доза, мг/кг	300-500	125	10-65	350	250-400

\* санитарно-бытовая

\*\* присутствие пестицида не допускается

† в пересчете на жир

## Некоторые определения и методы оценки качества окружающей среды, используемые в экологическом мониторинге

### 3.1. Основные определения, используемые при аналитических исследованиях, и их краткие характеристики

**Точность измерений** — характеристика качества измерений, отражающая уровень отклонений измерений от истинных значений. Высокая точность измерений соответствует малым составляющим погрешностей всех видов (как случайных, так и систематических) [99].

**Погрешность измерения** — характеристика результата измерения, представляющая собой отклонение найденного значения величины от ее истинного значения. Различают **абсолютную погрешность измерений**, выражаемую в единицах измеряемой величины, и **относительную погрешность измерений**, представляющую собой отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины (в долях единиц, в процентах и т.д.). Погрешность измерения — результат воздействия на средство измерений и измеряемую величину неблагоприятно влияющих факторов (колебаний температуры, электромагнитных помех и т.п.), несовершенства самого метода и средств измерений (неточность начальной градуировки, нестабильность во времени) [99].

Различают **случайные** и **неучтенные систематические** погрешности измерений. Случайная погрешность измерений определяется разбросом результатов при повторных измерениях и характеризуется средним квадратичным отклонением (дисперсией) от среднего значения измерений. Источники систематических погрешностей метода можно установить, если проводятся контрольные измерения с использованием других известных методик (интеркалибровка).

Важно четко разграничивать значения терминов **предел обнаружения** и **чувствительность**. **Предел обнаружения** — это наименьшее содержание исследуемого компонента, при котором по данной методике можно обнаружить его присутствие с заданной погрешностью [71]. Термин **чувствительность** (который часто, но неправильно используется для обо-



значения нижней границы определяемых содержаний) характеризует изменение аналитического сигнала, соответствующее изменению концентрации определяемого вещества [100]. Несколько упрощая, можно сказать, что предел обнаружения характеризует минимальное содержание вещества, которое можно определить с помощью данного метода, а чувствительность — минимальную разницу между содержаниями вещества, которую метод способен «заметить» или «почувствовать».

При измерении концентраций, близких к пределу обнаружения метода, получают очень большие погрешности определения. Для большинства методов если измеряемая концентрация примерно на порядок больше данного предела, то погрешности мало зависят от концентрации. Следовательно, надо выбирать методы, предел обнаружения которых, по крайней мере, в 10-15 раз превышает измеряемые концентрации. *Особенно важно, чтобы выбранная вами методика анализа имела предел обнаружения примерно на порядок ниже предельно допустимой концентрации.*

Термин **селективность** отражает степень мешающего влияния других компонентов в пробе, которые могут иметь значительно большие концентрации, чем интересующий вас определяемый компонент. При этом специфичным для данного вещества называют селективный метод, менее других подверженный мешающим влияниям со стороны других веществ [101].

### 3.2. Методы интегральной оценки качества воды

Для оценки качества воды более совершенным по сравнению с ИЗВ является комбинаторный индекс загрязненности [26а; 26], учитывающий не только кратность превышения ПДК, но и повторяемость случаев превышения ПДК как меру устойчивости загрязненности.

Повторяемость случаев превышения ПДК рассчитывают по формуле:

$$H_i = \frac{N_{\text{ПДК}}}{N_i} \cdot 100\% ,$$

где

$H_i$  — повторяемость случаев превышения ПДК по  $i$ -тому ингредиенту;  
 $N_{\text{ПДК}}$  — число результатов анализа, в которых содержание  $i$ -того ингредиента превышает ПДК;

$N_i$  — общее число результатов анализа по  $i$ -тому ингредиенту.

На основании расчетной величины повторяемости можно охарактеризовать загрязненность водного объекта (см. табл. 3.2.1).

Таблица 3.2.1. Характеристика загрязненности воды водного объекта по признаку повторяемости

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды водного объекта по признаку повторяемости	Частные оценочные баллы	
		Выраженные условно	Абсолютные значения
(0; 10)*	Единичная	a	1
[10; 30)	Неустойчивая	b	2
[30; 50)	Устойчивая	c	3
[50; 100]	Характерная	d	4

\* Круглая скобка означает «диапазон до этой величины, не включая ее». Квадратная скобка означает включение величины в указанный диапазон.

Вторая ступень классификации основана на установлении уровня загрязненности, в качестве меры которой используется показатель кратности превышения ПДК.

$$K_i = \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где

$K_i$  — показатель кратности превышения ПДК;

$C_i$  — концентрация  $i$ -того ингредиента в воде водного объекта, мг/л.

Кратность превышения ПДК, в свою очередь, также будет характеризовать уровень загрязненности (см. табл. 3.2.2).

При сочетании первой и второй ступеней классификации воды по каждому из учитываемых ингредиентов получают обобщенные характеристики загрязненности, условно соответствующие мере их влияния на качество воды за определенный временной промежуток (см. табл. 3.2.3).

Таблица 3.2.2. Характеристика загрязненности воды водного объекта по признаку кратности превышения ПДК

Кратность превышения нормативов	Характеристика уровня загрязненности	Частные оценочные баллы	
		Выраженные условно	Абсолютные значения
(0; 2)	Низкий	$a_1$	1
[2; 10)	Средний	$b_1$	2
[10; 50)	Высокий	$c_1$	3
[50; 100]	Очень высокий	$d_1$	4

Таблица 3.2.3. Комплексная характеристика загрязненности воды водного объекта

№	Комплексная характеристика состояния загрязненности воды водотока	Обобщенные оценочные баллы $S_i$		Характеристика качества воды водотока
		Выраженные условно	Абсолютные значения	
1	Единичная загрязненность низкого уровня	$a \cdot a_1$	1	Слабо загрязненная
2	Единичная загрязненность среднего уровня	$a \cdot b_1$	2	Загрязненная
3	Единичная загрязненность высокого уровня	$a \cdot c_1$	3	Грязная
4	Единичная загрязненность очень высокого уровня	$a \cdot d_1$	4	Грязная
5	Неустойчивая загрязненность низкого уровня	$b \cdot a_1$	2	Загрязненная
6	Неустойчивая загрязненность среднего уровня	$b \cdot b_1$	4	Грязная
7	Неустойчивая загрязненность высокого уровня	$b \cdot c_1$	6	Очень грязная
8	Неустойчивая загрязненность очень высокого уровня	$b \cdot d_1$	8	Очень грязная
9	Устойчивая загрязненность низкого уровня	$c \cdot a_1$	3	Грязная
10	Устойчивая загрязненность среднего уровня	$c \cdot b_1$	6	Очень грязная
11	Устойчивая загрязненность высокого уровня	$c \cdot c_1$	9	Очень грязная
12	Устойчивая загрязненность очень высокого уровня	$c \cdot d_1$	12	Недопустимо грязная
13	Характерная загрязненность низкого уровня	$d \cdot a_1$	4	Грязная
14	Характерная загрязненность среднего уровня	$d \cdot b_1$	8	Очень грязная
15	Характерная загрязненность высокого уровня	$d \cdot c_1$	12	Недопустимо грязная
16	Характерная загрязненность очень высокого уровня	$d \cdot d_1$	16	Недопустимо грязная

Определение совместного влияния вышеуказанных факторов осуществляется в заключительной, третьей ступени классификации. Определяют так называемый комбинаторный индекс загрязненности (КИЗ):

$$КИЗ = \sum_{i=1}^n S_i .$$

КИЗ справедлив только при усилении эффекта воздействия при одновременном воздействии нескольких токсичных веществ.

В некоторых комбинациях загрязняющих веществ может сложиться ситуация, когда вода очень сильно загрязнена одним или несколькими веществами, но имеет удовлетворительные характеристики по всем остальным показателям. Для устранения сглаживающего влияния низких величин в градации качества вводится коэффициент запаса  $k$ . При сравнительном анализе качества поверхностных вод предложено использовать также удельный показатель — величину удельного комбинаторного индекса загрязненности. УКИЗ представляет собой долю индекса КИЗ, приходящуюся на один учитываемый ингредиент.

$$УКИЗ = \sum_{i=1}^n S_i / n .$$

### 3.3. Методы биологической оценки качества ВОДЫ

Биологический подход к оценке состояния природных объектов основан на том, что живые организмы обладают различной чувствительностью к качеству среды, поэтому по разнообразию организмов, живущих, например, в водоеме, можно судить о его состоянии, степени загрязненности. Этот способ оценки состояния природной среды называется **биоиндикацией**.

Существует много различных методик, основанных на применении биоиндикации. Некоторые из них дают точные результаты, но работать по этим методикам могут лишь специалисты, хорошо разбирающиеся в водных организмах. Кроме сложных методик, есть совсем простые, однако результаты работы по ним бывают не всегда надежны. Предлагаемые три метода сочетают в себе простоту в использовании и приемлемую точность оценки. Полученные с их помощью данные следует считать результатами *предварительной* оценки качества воды, которую можно при желании подтвердить с привлечением специалистов.

Если у вас к моменту начала биологических исследований уже есть свои или собранные из других источников данные о составе воды, можно попробовать определить ее качество по известным параметрам

[по 102]. Качество воды в водоеме можно оценивать по классам с расчетом специального показателя — ККВ (Класс Качества Воды). Существуют семь классов качества: 1 класс — очень чистая вода, 2 — чистая, 3 — умеренно загрязненная, 4 — загрязненная, 5 — грязная, 6 — очень грязная, 7 — чрезвычайно грязная. В таблице 3.3.1 приведены диапазоны некоторых показателей состава воды, характерные для различных классов качества.

Приведенные в этой главе методики также позволяют определить, к какому классу относится вода исследуемого водоема, но уже при помощи наблюдений за живыми организмами. Сравните полученные результаты. Если есть большое расхождение в оценках по разным методикам, следует еще раз обратить внимание на правильность выполнения методик. Если расхождение незначительное, то серия наблюдений позволит в дальнейшем прийти к какому-нибудь одному выводу.

Многообразие живых организмов в водоеме зависит от многих условий: времени года, месяца, состояния берегов, дна, воды, характера хозяйственной деятельности в водосборе. Поэтому важно сопровождать биологические исследования наблюдением за остальными характеристиками водного объекта. После подготовки общего описания водоема можно приступать к отлову водных организмов и растений.

### Как отлавливать водные организмы

Чтобы получить достоверные данные для оценки состояния водоема, нужно собрать как можно больше разных организмов. В ней должны

Таблица 3.3.1. Классы качества воды и соответствующие им показатели состояния водоема

ККВ	Состояние воды	Азот аммонийный, мг/л	Азот нитратный, мг/л	Фосфаты, мг/л	Кислород (% от насыщения)	БПК <sub>5</sub> , мг/л	Coli-индекс* (колоний на мл)
1-2	Чистая	<0,4	<0,3	<0,05	90-100	0-3	менее 50
3	Умеренно загрязненная	0,4-0,8	0,3-0,5	0,05-0,07	80-90	3-5	50-100
4	Загрязненная	0,8-1,5	0,5-1,0	0,07-0,1	50-80	5-7	100-1000
5-6	Грязная	1,5-5,0	1,0-8,0	0,1-0,3	5-50	7-10	1000-20000

\* Coli-индекс (коли-индекс) — наиболее распространенный показатель бактериального загрязнения воды, показывает наличие в ней кишечных палочек. В нашем случае измеряется количеством колоний бактерий в 1 мл исследуемой воды. Некоторые виды кишечной палочки вызывают серьезные инфекции, поэтому чем выше коли-индекс, тем более загрязненной является вода и менее пригодной для использования человеком.

быть представлены животные, обитающие на дне, в зарослях водной растительности и быстро плавающие в водной толще. Для их отлова понадобятся *сачок* и специальная *банка*. Дополнительно нужно осмотреть водные растения, камни и коряги, лежащие в воде.

Донный грунт на небольшой глубине можно отобрать, используя *чистую* большую консервную *банку* с диаметром дна не менее 10-15 см. С одной ее стороны крышка полностью удаляется, а оставшиеся острые края оббиваются молотком. С противоположной стороны в дне банки делается одно или несколько маленьких отверстий для слива воды. Таковую банку вкручивают днищем вверх в мягкий донный грунт на глубину 10-15 см, после чего аккуратно переворачивают и вытаскивают на берег.

Вынутый грунт необходимо промыть. Для этого можно использовать сито, если его ячейки не крупнее 1-1,5 мм. Также подойдет синтетическая сетка, которую используют на окнах для защиты от комаров. Перевернув банку, грунт переносят в сито или на сетку, затем наполовину погружают в воду и аккуратно встряхивают/промывают до тех пор, пока вода в сите не станет относительно прозрачной. Оставшихся в сите животных вместе с крупными частицами грунта вытряхивают в подходящую светлую посуду или емкость (таз, миску, фотографическую кювету) с 2-3 сантиметровым слоем воды и приступают к определению.

Чтобы получить достоверные данные о живых организмах небольшого водоема нужно отобрать не менее 5 проб описанным способом.

Для сбора организмов, плавающих в воде, нужно использовать *сачок*. Ширина (диаметр) входного отверстия сачка должен быть не менее 25-30 см, а длина его — в 2,5 раза больше. Такой сачок можно изготовить самим, и при этом лучше использовать бязь, а не обычную марлю. Марля не подходит для ловли обитателей водоема из-за своей невысокой прочности. Сшейте матерчатый мешочек нужного вам размера, а затем свободный его конец прикрепите (пришейте) нитками к проволочному или пластмассовому кольцу или куску старого резинового шланга. Очень удобно использовать для изготовления сачка проволочные плечики для одежды, при этом крючок можно использовать для прикрепления сачка к ручке — на рис. 3.3.1 показано, как это делается. Если вы исследуете мелкий пруд, то вполне сойдет и обычный аквариумный сачок. Чтобы удлинить сачок, его крепят к ручке длиной 1,5-2 м — это может быть любой шест или палка, например, ручка от швабры. Эту ручку можно разметить, нанеся деления через каждые 10 см. Таким образом вы получите удобный инструмент — им можно измерять глубину и отбирать водные организмы.

Погрузив сачок в воду, им описывают плавные восьмерки. При этом сачок всегда должен оставаться расправленным. В реке с сильным течением сачок нужно располагать против течения. При отборе образцов в стоячей воде делать это надо тихо и осторожно, чтобы не спугнуть водных жителей. По возможности следует проводить сачком ближе ко дну,

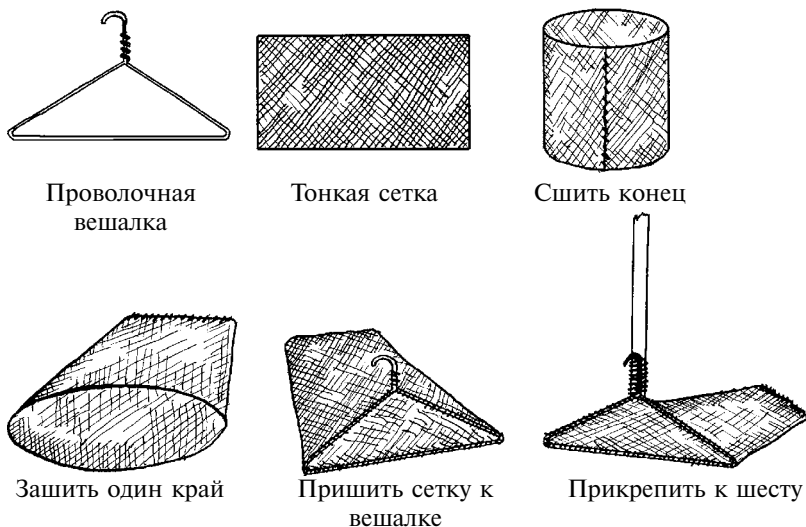


Рис. 3.3.1. Сачок для отлова водных организмов.

около зарослей водной растительности, у камней. После нескольких движений сачком его вынимают и пойманные организмы вытряхивают в кювету. Если в сачок попало большое количество грунта, его необходимо промыть на сите, или в самом сачке.

Обязательно поищите животных на растениях, камнях и корягах, поднятых со дна. При подъеме донных предметов лучше прямо под водой положить их в сетку сачка, иначе в процессе подъема многие животные могут убежать.

Можно также соорудить простую ловушку для прикрепляющихся водных организмов. Обвяжите веревкой камень или кирпич, закрепите веревку на берегу и аккуратно опустите вашу ловушку на дно. В таком положении ее надо оставить, по крайней мере, на две недели, чтобы прикрепляющиеся организмы смогли заселить камни. Вытаскивать ловушку из воды надо осторожно и не торопясь, чтобы не спугнуть и не растерять собранный «улов». Отвязав веревку, положите камень в таз со свежей природной водой и рассмотрите прикрепившихся животных. Не забывайте после окончания ваших исследований возвращать организмы в среду обитания вместе с их новым домом — камнями, которые они заселили. Использование ловушки, хотя и требует значительного времени, очень удобно на больших глубинах, где невозможно отобрать образцы сачком или банкой.

После того, как организмы пойманы, нужно определить, к каким видам они принадлежат. Животных вынимают аккуратно пинцетом и сажают в

небольшие емкости с водой (например, в чистые баночки из-под лекарств или чашки Петри). Разных животных удобнее сажать в разные емкости для удобства счета, и чтобы никого из них не пропустить. Важно отсадить отдельно крупных животных и хищников, так как они могут съесть или раздавить другие организмы. Для ловли мелких животных можно использовать пипетку. Быстро плавающих удобно отлавливать из кюветы при помощи чайной ложки.

Когда все организмы будут рассажены по банкам, можно приступать к определению их видовой принадлежности. Существует много разных определителей видовой принадлежности водных организмов [например, 52, 102]. Если же вам не удалось найти определитель, то можно воспользоваться специально подготовленной по материалам британского проекта RiverWatch таблицей 3.3.3 с описанием живых организмов.

### *Оценка состояния водоема*

**Биотический индекс Вудивисса.** Этот метод оценки состояния водоема пригоден **только для исследования рек** умеренного пояса и не подходит для озер и прудов. Оценка состояния рек проводится по 15-балльной шкале. В этом методе используется специальный показатель, который называется *биотический индекс Вудивисса*. Его определяют по специальной таблице (табл. 3.3.1). Для того, чтобы оценить состояние водоема по методу Вудивисса, нужно:

1. Выяснить, какие *индикаторные* (показательные) группы имеются в исследуемом водоеме. Поиск начинают с наиболее чувствительных к загрязнению групп организмов — веснянок, затем поденок, ручейников, т.е. в том порядке, в котором эти группы расположены в табл. 3.3.1. Если в исследуемом водоеме имеются личинки веснянок (Psecoptera), то дальнейшую работу надо вести по первой или второй строчке таблицы. Если найдено несколько видов веснянок, то наша строка в таблице — первая, если найден только один вид — наша строка вторая.

Если личинок веснянок в наших пробах нет, в них ищут личинок поденок (Ephemeroptera). Если они найдены, то, в зависимости от количества найденных видов, мы будем работать с третьей или четвертой строкой. При отсутствии личинок поденок надо обратить внимание на наличие личинок ручейников (Trichoptera) и т.д.

2. Затем необходимо оценить общее разнообразие бентосных организмов. Надо определить количество «групп» бентосных организмов в пробе. При использовании метода Вудивисса за «группу» принимается **любой вид** плоских червей, моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей, веснянок, сетчатокрылых, жуков, любой вид личинок других насекомых. А также:

- **семейство** комаров-звонцов (личинки), кроме вида *Chironomus* sp.;



- отдельно *Chironomus sp.*;
- **класс** малощитинковые черви;
- **любое семейство** ручейников;
- **любой род** поденок, кроме *Baetis rhodani*;
- личинки мошки (**семейство** Simuliidae).

Определив количество групп в нашей пробе, находим соответствующий столбец в таблице (табл. 3.3.1).

3. На пересечении найденных нами строки и столбца в таблице находим *индекс Вудивисса*. Его значение изменяется от 0 до 15 и измеряется в баллах. Состояние исследуемого водоема по этому индексу определяется следующим образом:

0-2 балла — очень сильное загрязнение (5-7 класс качества), водное сообщество находится в сильно угнетенном состоянии;

3-5 баллов — значительное загрязнение (4-5 класс качества);

6-7 баллов — незначительное загрязнение водоема (3 класс качества);

8-10 баллов и выше — чистые реки (1-2 класс качества).

Оценка состояния водоема по методу Вудивисса требует навыков по определению водных беспозвоночных. Это достаточно сложная задача, но она вполне по силам даже школьникам старших классов под руко-

Таблица 3.3.1. Определение биотического индекса Вудивисса.

Наличие видов-индикаторов	Кол-во видов-индикаторов	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	20-...
Личинки веснянок ( <i>Plecoptera</i> )	Более 1	—	7	8	9	10	11-...
	1 вид	—	6	7	8	9	10-...
Личинки поденок ( <i>Ephemeroptera</i> )	Более 1	—	6	7	8	9	10-...
	1 вид	—	5	6	7	8	9-...
Личинки ручейников ( <i>Trichoptera</i> )	Более 1	—	5	6	7	8	9-...
	1 вид	4	4	5	6	7	8-...
Бокоплавы		3	4	5	6	7	8-...
Водяной ослик ( <i>Asellus aquaticus</i> )		2	3	4	5	6	7-...
Олигохеты или личинки звонцов		1	2	3	4	5	6-...
Отсутствуют все приведенные выше группы		0	1	2	—	—	—

водством преподавателя. Индекс Вудивисса достаточно часто применяется в гидробиологических исследованиях, особенно за рубежом. Использование этого метода дает возможность сравнивать результаты ваших исследований с другими.

**Индекс Майера.** Эта методика подходит для любых типов пресных водоемов. Она более простая и имеет большое преимущество — в ней не надо определять беспозвоночных с точностью до вида. Метод основан на том, что различные группы водных беспозвоночных приурочены к водоемам с определенной степенью загрязненности. При этом организмы-индикаторы относят к одному из трех разделов, представленных в таблице 3.3.2.

Нужно отметить, какие из приведенных в таблице групп обнаружены в пробах. Количество найденных групп из первого раздела необходимо умножить на 3, количество групп из второго раздела — на 2, а из третьего — на 1. Получившиеся цифры складывают:

$$3X + 2Y + Z = S$$

По значению суммы S (в баллах) оценивают степень загрязненности водоема:

- более 22 баллов — водоем чистый и имеет 1 класс качества;
- 17-21 баллов — 2 класс качества;
- 11-16 баллов — умеренная загрязненность водоема, 3 класс качества;
- менее 11 — водоем грязный, 4-7 класс качества.

Простота и универсальность метода Майера дают возможность быстро оценить состояние исследуемого водоема.

Конечно, точность приведенных методов невысока. Тем не менее, если проводить исследования качества воды регулярно в течение какого-то времени и сравнивать полученные результаты, то даже с использованием этих простых методов можно уловить, в какую сторону изменяется состояние водоема.

Таблица 3.3.2. Индекс Майера

Обитатели чистых вод, X	Организмы средней чувствительности, Y	Обитатели загрязненных водоемов, Z
Личинки веснянок	Бокоплав	Личинки комаров-звонцов
Личинки поденок	Речной рак	Пиявки
Личинки ручейников	Личинки стрекоз	Водяной ослик
Личинки вислокрылок	Личинки комаров-долгоножек	Прудовики
Двустворчатые моллюски	Моллюски-катушки, моллюски-живородки	Личинки мошки
		Малощетинковые черви

Таблица 3.3.3. Вид и описание обитателей пресных водоемов

1. Личинка поденки плавающая (до 11 мм).



*Торпедообразное тело, 3 хвостовых нити. Ряды жабр вдоль тела. Быстро плавает.*

2. Личинка поденки сжатая (до 7 мм).



*3 хвостовых нити, 6 ног. Похожа на плавающую личинку, но часто зарывается в ил, покрыта грязью.*

3. Личинка поденки плоская (до 16 мм).



*Плоское тело с серповидной головой. 3 хвостовых нити, 6 ног. Чаще ползает, чем плавает.*

4. Личинка поденки норная (например, личинка белой поденки), до 40 мм.



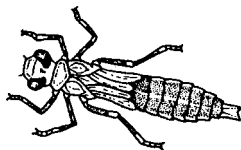
*3 хвостовых нити, 6 ног. Два ряда жабр вдоль длинного коричневого тела.*

5. Личинка равнокрылой стрекозы (до 30 мм).



*3 плоских хвостовых нити. Тело обычно зеленого или коричневого цвета. При плавании тело двигается из стороны в сторону.*

6. Личинка разнокрылой стрекозы (до 70 мм).



*6 ног, хвост разветвлен на 3 части, но не так явно, как у личинок поденки.*

7. Личинка веснянки (до 30 мм в длину).



*6 ног, 2 длинных хвостовых нити. Ползает медленно. Жабры не обязательно выражены.*

8. Личинка ручейника в домике (до 55 мм в длину).



*Живет в переносном домике из растительных минеральных частиц, скрепленных выделениями прядильных желез.*

**9.** Личинка ручейника, без домика (до 26 мм).



*6 ног, обычно темная голова и более светлое тело, 2 крючка на конце хвоста.*

**10.** Личинка вислокрылки (до 40 мм).



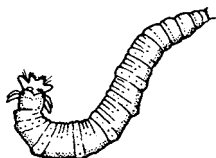
*Длинные ряды жабр вдоль плотного коричневого тела. Один хвост.*

**11.** Личинка мошки речной (или одагмии пятнистой, до 15 мм).



*Передвигается, скручиваясь в петли и распрямляясь. Конец тела утолщенный. Часто прикреплена присоской к камням.*

**12.** Личинка долгоножки (до 30 мм).



*Серое червеобразное туловище, два крючка на хвосте.*

**13.** Личинка комара-звонца (до 20 мм длиной)



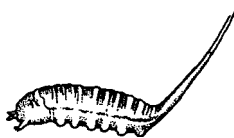
*Мотыль. Ярко-красный или зеленый червячок, плавает, складываясь восьмеркой и распрямляясь.*

**14.** Энхитрей беловатый (до 40 мм).



*Похож на дождевого червя. Тусклая розовато-коричневая окраска.*

**15.** Личинка мухи-журчалки, «крыска» (до 55 мм).



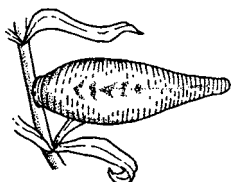
*Серое утолщенное тело и очень длинная дыхательная трубка на поверхности воды.*

**16.** Планария молочно-белая (плоский червь).



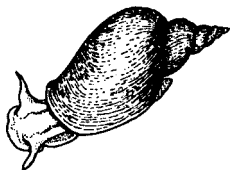
*Очень плоская, до 40 мм в длину, иногда с рожекми или с точечными глазками. Скользит по камням.*

17. Пиявка обыкновенная (до 30 мм в длину).



Сегментированное тело с присосками на концах. Плавает или передвигается, складываясь в петли и распрямляясь.

18. Водные брюхоногие моллюски (до 50 мм в длину).



Много типов со спиралевидными (улитки, прудовики) и катушечными (катушки) раковинами.

19. Шаровка роговая (до 20 мм).



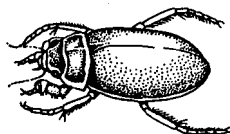
Небольшая чашеобразная раковина. Вершина створок раковины сдвинута в сторону.

20. Горошинка речная (до 15 мм).



Сероватая раковина, скошенная на сторону (похожа на сердцевидку съедобную)

21. Водяные жуки (различной величины, много типов — плавунцы, полоскуны, плавунчики, гребцы, водолюбы).



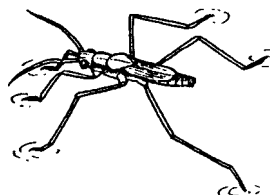
Сложенные жесткие надкрылья образуют полосу вдоль спины. Ползают или плавают.

22. Гребляк точечный (до 17 мм в длину).



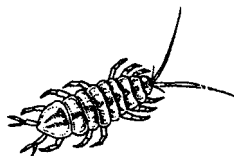
Крупные задние ноги похожи на весла. Быстро плавает в толще воды.

23. Водомерка (до 18 мм в длину).



Тело черное, скользит по поверхности воды.

24. Водяной ослик (до 12 мм в длину).



Темное плоское серовато-коричневое тело. Ползает среди растений и по дну).

25. Бокоплав (Пресноводная креветка, длиной до 20 мм).



*Плавает боком, очень быстро.  
Цвет — от серого до красноватого.*

26. Клещ географический (2-3 мм).



*Очень маленькое округлое тело. Похож на паука. Быстро плавает.*

### *Метод оценки состояния водоема в проекте RiverWatch*

Метод также основан на различной чувствительности организмов к качеству воды. В этом методе вода в зависимости от качества делится на 5 категорий: отличное, хорошее, нормальное, плохое, очень плохое. Метод очень прост и вполне применим в Центральном регионе России, но точность его также невысокая. Таблица 3.3.4 содержит перечни организмов, живущих в воде разного качества.

Таблица 3.3.4. Метод определения состояния пресного водоема в проекте *RiverWatch*

Качество воды	Организмы
Отличное	Личинка поденки плоская, личинка поденки норная, личинка веснянки, личинка ручейника в домике, личинка разнокрылой стрекозы, бокоплав (пресноводная креветка), личинка поденки плавающая, гребляк точечный, личинка вислокрылки, водные брюхоногие моллюски
Хорошее	Личинка ручейника в домике, личинка разнокрылой стрекозы, бокоплав (пресноводная креветка), личинка поденки плавающая, водяной ослик, гребляк точечный, личинка вислокрылки, водные брюхоногие моллюски, личинка комара-звонца, энхитрей беловатый, личинка мухи-журчалки («крыска»)
Нормальное	Личинка поденки плавающая, водяной ослик, гребляк точечный, личинка вислокрылки, водные брюхоногие моллюски, личинка комара-звонца, энхитрей беловатый, личинка мухи-журчалки («крыска»)
Плохое	Личинка комара-звонца, энхитрей беловатый, личинка мухи-журчалки («крыска»)
Очень плохое	Нет живых организмов

# Свойства некоторых загрязняющих веществ

## Акрилонитрил

**Источники.** Природных источников акрилонитрила не существует. Акрилонитрил используется в производстве искусственных волокон, полимеров и резины, а также в промышленности органического синтеза. Может поступать в окружающую среду при производстве, переработке, использовании, хранении, транспортировке и захоронении отходов. Кроме непосредственных эмиссий в атмосферу при производстве и промышленном использовании, возможны потери вследствие аварий, сбоях в работе оборудования и несоблюдении технологии и правил работы.

**Атмосфера.** Распределение акрилонитрила в атмосфере тесно связано с розой ветров; самые высокие концентрации обнаруживаются в непосредственной близости от заводов (до нескольких сотен  $\text{мг}/\text{м}^3$ ), особенно с подветренной стороны, и быстро убывают с расстоянием (менее  $10 \text{ мкг}/\text{м}^3$  на расстоянии 1 км). Процессы разложения акрилонитрила в атмосфере преимущественно химические; время полуразложения в атмосфере 9–32 ч. По оценкам, среднее содержание в воздухе Нидерландов около  $0,01 \text{ мкг}/\text{м}^3$ , что ниже предела обнаружения для существующих методов определения акрилонитрила ( $0,3 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ). В других странах эта концентрация еще более низкая [86].

**Вода.** Поступление с осадками незначительно. Время полуразложения в воде 5–7 дней, однако аварийное поступление акрилонитрила в грунтовые воды может повлечь за собой многолетнее их загрязнение, несмотря на принимаемые меры по очистке.

**Почва.** Разлагается преимущественно микроорганизмами.

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 2,205 \text{ мг}/\text{м}^3$$

$$1 \text{ мг}/\text{м}^3 = 0,4535 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm}) \text{ при } 20^\circ\text{C и } 760 \text{ мм рт. ст.}$$

**Пути поступления в организм.** Основное значение поступления акрилонитрила с воздухом имеет на производстве, при этом дополнительная доза, получаемая при проживании в непосредственной близости от соответствующих предприятий является незначительной. В непродовольственных условиях значительным источником поступления акрилонитрила является курение. Данных по содержанию акрилонитрила в питьевой воде нет, но, поскольку основным источником его поступления в воду являются аварии, питьевая вода вряд ли может рассматриваться как серьезный источник поступления акрилонитрила в организм. В пищевые продукты (особенно масло, маргарин) акрилонитрил может поступать из полимерных контейнеров и упаковочных

материалов, состоящих из сополимеров акрилонитрила. Легко всасывается через неповрежденную кожу.

Акрилонитрил вызывает рак у животных и, по результатам некоторых исследований, у человека, поэтому ВОЗ не устанавливает безопасного уровня для его содержания в окружающей среде. При концентрации акрилонитрила в воздухе  $1 \text{ мкг/м}^3$  риск развития рака в течение жизни оценивается как  $2 \cdot 10^{-5}$  [86].

## Алюминий

**Источники.** Электротехника, авиационная, химическая, нефтеперерабатывающая промышленность, машиностроение, строительство, оптика, ракетная и атомная техника [17].

**Нахождение в природе.** По содержанию в земной коре алюминий занимает третье место после кислорода и кремния и составляет 8,8% ее массы. В почвах содержится 150-600 мг/кг, в атмосферном воздухе городов около  $10 \text{ мкг/м}^3$ , в сельской местности —  $0,5 \text{ мкг/м}^3$ . Накоплению алюминия в почве содействует ее закисление. Содержание алюминия в водоисточниках колеблется в широких пределах от 2,5 до  $121 \text{ мкг/дм}^3$ . При закислении водоема нерастворимые формы алюминия переходят в растворимые, что способствует резкому повышению его концентрации в воде [17].

**Пути поступления в организм.** Основные источники поступления в организм — пища, вода, атмосферный воздух, лекарственные препараты, алюминиевая посуда (после термической обработки в такой посуде содержание алюминия в пище возрастает вдвое), дезодоранты и др. Суточная потребность в алюминии взрослого человека 35-49 мг. Общее содержание алюминия в суточном смешанном рационе составляет 80 мг.

**Влияние на здоровье.** Токсичность алюминия проявляется во влиянии на обмен веществ, в особенности, минеральный, на функцию нервной системы, в способности действовать непосредственно на клетки — их размножение и рост. Избыток солей алюминия снижает задержку кальция в организме, уменьшает адсорбцию фосфора, одновременно в 10-20 раз увеличивается содержание алюминия в костях, печени, семенниках, мозге и в паразитовидной железе. К важнейшим клиническим проявлениям нейротоксического действия относят нарушение двигательной активности, судороги, снижение или потерю памяти, психопатические реакции [17].

## Асбест

**Описание.** Термин «асбест» обозначает группу встречающихся в природе волокнистых минералов (серпентин, амфиболы), которые характеризуются высоким пределом прочности на разрыв, низкой теплопроводностью и отно-



сительной химической стойкостью. Волокна асбеста легко расщепляются на более мелкие, образуя аэрозоли.

**Источники.** Природные источники важны, поскольку образующие асбест минералы широко распространены. Антропогенные источники включают:

- добычу и измельчение;
- производство продукции из асбеста;
- строительство;
- транспорт (например, при стирании тормозных колодок) и использование асбестосодержащей продукции;
- отходы.

Кислотные дожди приводят к усиленной коррозии асбестоцементных плит и покрытий, приводя к увеличению поступления асбеста в атмосферу. Концентрации асбеста внутри зданий могут быть значительно выше вследствие использования асбеста в изоляционных и конструкционных материалах.

**Атмосфера.** Волокна асбеста составляют лишь относительно небольшую фракцию волокнистого аэрозоля в атмосфере. Биологически более важны так называемые «критические» волокна длиной от 5 мкм и диаметром до 3 мкм с отношением длины к диаметру 3:1.

**Вода.** Общее содержание волокон (любой длины) в питьевой воде может варьировать от  $10^4$  волокон/л до более чем  $10^8$  волокон/л [86].

**Пути поступления в организм.** Ингаляционный путь поступления в организм наиболее важен с точки зрения воздействия на здоровье.

**Влияние на здоровье.** К последствиям воздействия асбеста на организм человека относятся асбестоз (медленно развивающийся фиброз легких), рак легких (бронхиальная карцинома) и мезотелиома (злокачественная опухоль плевры или брюшины). Все эти последствия развиваются в результате хронического воздействия, причем асбестоз является исключительно профессиональным заболеванием.

## Бензол

**Источники.** Бензол в основном используется как сырье при производстве замещенных ароматических углеводородов. Он входит в состав сырой нефти и в Европе — в состав бензина (обычно около 5%, иногда до 16%). В настоящее время в большинстве развитых стран использование бензола в качестве растворителя запрещено вследствие его опасности для здоровья, однако он все еще используется в лабораторной практике, в том числе и при проведении аналитических процедур.

**Атмосфера.** Содержание бензола в воздухе обычно составляет от 3 до 160 мкг/м<sup>3</sup>; более высокие концентрации отмечены в крупных городах. В непосредственной близости от заправочных станций, промышленных предприятий, использующих или производящих бензол, его концентрация в воздухе

может достигать нескольких сотен мкг/м<sup>3</sup>. В жилой зоне концентрация бензола обычно составляет 3-30 мкг/м<sup>3</sup> и зависит в основном от интенсивности движения транспорта [86].

**Вода.** В питьевой воде бензол был идентифицирован как загрязняющее вещество в концентрации 0,1-0,3 мкг/дм<sup>3</sup> (самая высокая отмеченная концентрация — 20 мкг/дм<sup>3</sup>) [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 3,19 \text{ мкг/м}^3$$

$$1 \text{ мкг/м}^3 = 0,313 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Пути поступления в организм.** Поступление с воздухом является основным источником попадания бензола в организм. Около 50 % бензола, содержащегося во вдыхаемом воздухе, абсорбируется легкими. Табачный дым представляет важный дополнительный источник поступления бензола для курящих. Питьевая вода не является важным источником поступления бензола в организм. Поступление бензола с пищей может достигать 250 мкг в день; при этом обычная тепловая обработка может увеличивать содержание бензола в продуктах питания [86].

**Влияние на здоровье.** При хроническом воздействии бензол накапливается в жировой ткани. В высоких концентрациях (более 3200 мг/м<sup>3</sup>) нейротоксичен [86]. Хроническое воздействие близких к порогу токсичности концентраций приводит к поражению костного мозга и развитию постоянной пангемотопении (низкое содержание всех форменных элементов крови); в тяжелых случаях развивается летальная апластическая анемия, вызванная ингибированием костного мозга. При профессиональном контакте (воздействие бензола в концентрации от нескольких десятков до нескольких сотен мг/м<sup>3</sup>) развиваются и другие патологические изменения крови (например, тромбоцитопения, лимфопения). При этом исследования на животных показали, что гематотоксичностью обладают метаболиты бензола. Гематотоксические эффекты сопровождаются учащением хромосомных aberrаций.

## Винилхлорид

**Источники.** Основные источники эмиссий винилхлорида (ВХ) в атмосферу — производство винилхлорида, производство поливинилхлорида (ПВХ) и изделий из него. В США были зарегистрированы эмиссии винилхлорида, источником которых являлись свалки муниципальных отходов.

**Атмосфера.** В среднем фоновые концентрации ВХ в Западной Европе оцениваются как 0,1-0,5 мкг/м<sup>3</sup>, что ниже предела обнаружения (0,8 мкг/м<sup>3</sup>) лучшего из применяемых аналитических методов (хромато-масс-спектрометрия). В непосредственной близости от заводов по производству ВХ и ПВХ среднесуточные концентрации ВХ в воздухе могут превышать 100 мкг/м<sup>3</sup>, но на расстоянии более 1 км от завода снижаются до менее 10 мкг/м<sup>3</sup>.

**Вода.** Вследствие высокой летучести и реакционной способности присутствие винилхлорида в воде в значительных концентрациях вряд ли возможно. Наибольшая концентрация, измеренная в питьевой воде (1,7 мкг/дм<sup>3</sup>), объяснялась поступлением мономера из поливинилхлоридных труб [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 2,589 \text{ мг/м}^3$$

$$1 \text{ мг/м}^3 = 0,386 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Пути поступления в организм.** Основным путем поступления в организм является ингаляционный, причем промышленные источники являются приоритетными. Люди, живущие в пределах пятикилометровой зоны вокруг предприятий, производящих ВХ или ПВХ, могут подвергаться воздействию концентраций ВХ в 10-100 раз более высоких, чем остальное население.

**Влияние на здоровье.** Токсические эффекты винилхлорида отмечались при воздействии высоких его концентраций в условиях профессионального контакта. При проживании вблизи заводов, производящих ПВХ, возрастает риск пороков развития, особенно чувствительна ЦНС [86]. Установлена канцерогенность винилхлорида для человека.

## Дихлорметан

**Источники.** Примерно 80% выбросов дихлорметана в атмосферу обусловлено его использованием. Дихлорметан используется для удаления краски, при производстве пенополиуретана и как растворитель в фармацевтической промышленности, в производстве синтетических волокон и фотопленки, для экстракции чувствительных к нагреванию веществ (пищевые жиры, кофеин). Увеличивается его использование в качестве пропеллента и хладагента вместо фреонов.

**Атмосфера.** Средняя концентрация в атмосфере городов, как правило, ниже 15 мкг/м<sup>3</sup>. Люди, живущие вблизи полигонов захоронения отходов подвергаются воздействию концентраций, значительно превышающих средние значения [86].

**Вода.** Может образовываться при хлорировании воды.

**Продукты питания.** Поскольку летучесть дихлорметана велика, маловероятно наличие его в продуктах питания в сколько-нибудь значительных концентрациях.

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 3,47 \text{ мг/м}^3 \text{ при } 25^\circ\text{C и } 760 \text{ мм. рт. ст.}$$

$$1 \text{ мг/м}^3 = 0,28 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Пути поступления в организм.** Основной путь поступления в организм — ингаляционный. Продукция бытовой химии может представлять значительный источник загрязнения воздуха дихлорметаном внутри зданий (часто более значительного, чем загрязнение атмосферного воздуха).

**Влияние на здоровье.** Концентрации ДХМ в атмосфере на порядки ниже тех, при которых проявляется отрицательное воздействие на ЦНС (сотни  $\text{мг}/\text{м}^3$ ) [86]. Маловероятен также значительный вклад ДХМ в повышение уровня карбоксигемоглобина в крови.

## 1,2-Дихлорэтан (ДХЭ)

**Источники.** Используется в органическом синтезе (в частности, в производстве винилхлорида, этилендиамин), как добавка к этилированному бензину, растворитель и фумигант. Основные источники поступления в окружающую среду — промышленное использование и производство, неправильное обращение со смолистыми отходами производства винилхлорида. Эмиссии происходят непосредственно в атмосферу при производстве, применении и хранении, а также при использовании в фармацевтической и химической промышленности в качестве растворителя.

**Атмосфера.** «Фоновый» уровень в атмосфере — около  $0,2 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ; в городах — в среднем  $0,4\text{--}1,0 \text{ мкг}/\text{м}^3$ . Вблизи мест производства и применения концентрации заметно выше (несколько десятков  $\text{мкг}/\text{м}^3$ , уменьшаются с удалением от источника). Вблизи автозаправочных станций также могут отмечаться повышенные концентрации 1,2-дихлорэтана (несколько  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ). Процесс разложения в атмосфере относительно медленный (время полуразложения 29 дней).

**Вода.** Содержание в питьевой воде обычно ниже  $1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$  [86].

**Продукты питания.** Значительные количества в продуктах питания (зерно, пряности) могут быть найдены при использовании 1,2-дихлорэтана в качестве экстрагента или фумиганта [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 4,12 \text{ мкг}/\text{м}^3$  при  $20^\circ\text{C}$  и  $760 \text{ мм. рт. ст.}$

$1 \text{ мкг}/\text{м}^3 = 0,242 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$

**Пути поступления в организм.** Поступление с воздухом — наиболее значимый путь.

**Влияние на здоровье.** Вдыхание ДХЭ отрицательно влияет на ЦНС. Симптомы интоксикации включают головную боль, головокружение, слабость, спазмы, снижение тонуса мускулатуры, тошноту, потерю сознания; возможен смертельный исход. Отмечалось также нарушение сердечного ритма. Гепатотоксичен (повреждение мембран клеток печени и почек вследствие перекисного окисления липидов) [103]. При хроническом воздействии  $40\text{--}800 \text{ мг}/\text{м}^3$  (в течение нескольких месяцев) на производстве у рабочих отмечались нарушения гематологических параметров, функций печени, ЦНС, желудочно-кишечного тракта [86].

Рекомендуемая ВОЗ максимально допустимая концентрация в воздухе значительно ниже наблюдаемых в настоящее время концентраций и рассчитана на аварийные ситуации.

## Озон и другие фотохимические окислители

Фотохимические окислители — вторичные загрязняющие вещества, образующиеся под действием солнечной радиации на реакционноспособные углеводороды — летучие органические соединения (ЛОС).

**Источники.** Фотохимические реакции в атмосфере с участием диоксида азота, кислорода и летучих органических веществ.

**Атмосфера.** Фоновые среднесуточные уровни озона обычно ниже  $30 \text{ мкг/м}^3$ , но часовые могут достигать  $120 \text{ мкг/м}^3$ . В Европе максимальная часовая концентрация озона может превышать  $300 \text{ мкг/м}^3$  в сельской местности и  $350 \text{ мкг/м}^3$  в городах. В целом же концентрации озона в городах ниже, чем в пригородной зоне, в основном благодаря взаимодействию озона с оксидом азота, содержащимся в выбросах автотранспорта. Максимальное содержание пероксиацетилнитрата —  $90 \text{ мкг/м}^3$  [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

Озон:  $1 \text{ млн}^{-1}$  (1 ppm) =  $2 \text{ мкг/м}^3$

Пероксиацетилнитрат:  $1 \text{ млн}^{-1}$  (1 ppm) =  $5 \text{ мкг/м}^3$

**Влияние на здоровье.** Озон и другие фотооксиданты раздражают слизистые оболочки (акролеин, пероксибензолнитрат и пероксиацетилнитрат (ПАН) — сильнее, чем озон) [104]. Восприимчивость к озону не зависит от возраста и наличия респираторных заболеваний. Эпидемиологические исследования не подтверждают увеличение смертности с увеличением содержания фотохимических окислителей в атмосфере (одновременное повышение температуры совпадает с увеличением смертности среди старших возрастных групп, но основной причиной является гипертермия). Различные симптомы могут проявляться уже при концентрациях озона  $160\text{--}300 \text{ мкг/м}^3$  [86].

Пороговый уровень (максимальная концентрация в течение часа)	Эффект
$0,05 \text{ млн}^{-1}$ ( $100 \text{ мкг/м}^3$ )	головная боль
$0,15 \text{ млн}^{-1}$ ( $300 \text{ мкг/м}^3$ )	раздражение глаз
$0,27 \text{ млн}^{-1}$ ( $530 \text{ мкг/м}^3$ )	кашель
$0,29 \text{ млн}^{-1}$ ( $580 \text{ мкг/м}^3$ )	дискомфорт в области легких

**Воздействие на окружающую среду.** Озон снижает прочность целлюлозы, влияет на прочность и окраску тканей и изделий из хлопка, ацетатного волокна, нейлона и полиэфирных волокон. Окислители вызывают хроническое или острое повреждение тканей растений (некроз листьев, изменение роста, снижение продуктивности, снижение качества продукции растениеводства). Типичное проявление — коричневые, впоследствии обесцвечивающиеся пятна на внешней стороне листьев. Концентрация озона  $100 \text{ мкг/м}^3$  в течение 4 часов или  $60 \text{ мкг/м}^3$  в течение 8 часов, по-видимому, является пороговой для

чувствительных растений [104]. При этом, если в воздухе имеется даже незначительное количество диоксида серы, время развития повреждений уменьшается.

## Оксиды азота

Важнейшими являются NO и NO<sub>2</sub>, поскольку остальные (N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и пары HNO<sub>3</sub>), которые могут присутствовать в воздухе, не являются биологически значимыми.

**Источники.** Существуют естественные источники оксидов азота — бактериальная активность в почве, грозы, извержения вулканов. Основным антропогенным источником их являются процессы горения при температуре выше 1000°C [104] (автотранспорт и стационарные источники).

**Атмосфера.** Фоновые концентрации изменяются в пределах 0,4-9,4 мкг/м<sup>3</sup>. Типичное содержание диоксида азота в воздухе городов — 20-90 мкг/м<sup>3</sup> (среднегодовые концентрации); часовые концентрации могут достигать 240-850 мкг/м<sup>3</sup> [86]. Вблизи заводов, производящих азотную кислоту или взрывчатые вещества или вблизи теплоэлектростанций отмечаются очень высокие концентрации [104].

**Пути поступления в организм.** Респираторный.

**Кoeffициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 1880 \text{ мкг/м}^3$$

$$1 \text{ мкг/м}^3 = 5,32 \cdot 10^{-4} \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Влияние на окружающую среду.** Оксиды азота занимают второе место после диоксида серы по вкладу в увеличение кислотности осадков. В дополнение к косвенному воздействию (кислотный дождь), длительное воздействие диоксида азота в концентрации 470-1880 мкг/м<sup>3</sup> может подавлять рост некоторых растений (например, томатов) [104]. Значимость атмосферных эффектов оксидов азота связана с ухудшением видимости. Диоксид азота играет важную роль в образовании фотохимического смога.

**Влияние на здоровье.** Оксиды азота могут отрицательно влиять на здоровье сами по себе и в комбинации с другими загрязняющими веществами. Пиковые концентрации действуют сильнее, чем интегрированная доза. Кратковременное воздействие 3000-9400 мкг/м<sup>3</sup> диоксида азота вызывает изменения в легких. Помимо повышенной восприимчивости к респираторным инфекциям, воздействие диоксида азота может привести к повышенной чувствительности к бронхостенозу (сужение просвета бронхов) у чувствительных людей. Исследования показали, что для болеющих астмой и аналогичных больных повышается риск отрицательных легочных эффектов при содержании диоксида азота значительно меньшем, чем тот, на который не наблюдается реакция у здоровых людей [104].

## Оксид серы (IV) и взвешенные частицы

**Источники.** В основном процессы, приводящие к образованию взвешенных частиц, — это процессы горения, осуществляемые на ТЭЦ, мусоросжигательных заводах, в бытовых печах, двигатели внутреннего сгорания, печи обжига цемента, лесные пожары, вулканическая деятельность. Частицы, образующиеся в результате сгорания, обычно имеют размер менее 1 мкм, так что они могут легко проникать в легочные альвеолы. Они также могут содержать опасные вещества, такие как асбест, тяжелые металлы, мышьяк [105]. Оксиды металлов являются основным классом неорганических частиц в атмосфере. Они образуются в любых процессах, связанных со сжиганием топлива, содержащего металлы (главным образом уголь и нефть). В общем же химический состав взвешенных частиц в атмосфере достаточно разнообразен. Среди компонентов неорганических частиц, обнаруженных в загрязненной атмосфере, присутствуют соли, оксиды, соединения азота, серы, различные металлы и радионуклиды. Следовыми компонентами, встречающимися в количествах менее 1 мкг/м<sup>3</sup>, являются алюминий, кальций, углерод, железо, калий, натрий, кремний [105]. Часто присутствуют также небольшие количества меди, свинца, титана и цинка, и еще более низкие содержания сурьмы, бериллия, висмута, хрома, кобальта, цезия, лития, магния, никеля, рубидия, селена, стронция и ванадия. Возможные источники этих элементов [105]:

- Al, Fe, Ca, Si — эрозия почвы, сжигание угля
- C — неполное сгорание топлива
- Sb, Se — сжигание угля, нефти или отходов
- V — сжигание нефтяного кубового остатка
- Zn — сжигание угля
- Pb — сжигание этилированного бензина и свинецсодержащих отходов.

Примерами процессов диспергирования могут быть выброс в воздух твердых побочных продуктов литейного производства, пыль, образующаяся на улицах города в результате движения транспорта, и т.д. Кроме того, аэрозоли могут образовываться в воздухе в результате фотохимических превращений атмосферных загрязнений (образование аэрозолей серной кислоты, сульфатов, нитратов) [106].

Значительная часть органических веществ во взвешенных частицах происходит из выбросов двигателей внутреннего сгорания. Основное внимание привлекают полиядерные ароматические углеводороды.

Диоксид серы — бесцветный газ. Источники те же, что и для взвешенных частиц, особенно сжигание угля и нефти. Вступает в каталитические или фотохимические реакции с другими загрязняющими веществами с образованием SO<sub>3</sub>, серной кислоты и сульфатов. Типичные процессы образования дисперсионных аэрозолей — измельчение угля, ветровая эрозия почвы.

**Атмосфера.** В промышленных районах концентрация диоксида серы обычно достигает 0,05–0,1 мг/м<sup>3</sup>; в сельских районах она в несколько раз меньше, а

над океаном меньше в 10–100 раз [17]. В сельской местности фоновая концентрация близка к  $0,5 \text{ мкг/м}^3$ , а концентрация в городах в 50–100 раз выше [107]. Из-за химических превращений время жизни диоксида серы в атмосфере невелико (порядка нескольких часов). В связи с этим возможность загрязнения и опасность воздействия непосредственно диоксида серы носят, как правило, локальный, а в отдельных случаях региональный характер [1]. Термин «взвешенные частицы» относится к ряду тонкодисперсных твердых веществ или жидкостей, диспергированных в воздухе в результате процессов горения (отопление и производство энергии), производственной деятельности и естественных источников. Размеры частиц варьируют от 0,1 до примерно 25 мкм в диаметре. Составляющие эти частицы вещества различны, но для урбанизированных территорий типичны углерод или высшие углеводороды, образующиеся при неполном сгорании топлива. До 20 % общего количества взвешенных частиц может состоять из серной кислоты и сульфатов (частицы до 1 мкм в диаметре состоят из них на 80 %) [104]. Аэрозоли состоят главным образом из углеродсодержащих частиц, оксидов металлов и силикатов, растворенных электролитов и твердых солей. Преобладающими компонентами являются углеродные частицы, вода, сульфаты, нитраты, соли аммония и соединения кремния [105]. Состав аэрозольных частиц значительно изменяется в зависимости от размера. Очень мелкие частицы обычно являются результатом конденсации веществ из газовой фазы и имеют кислую реакцию (например, аэрозоль серной кислоты). Частицы большего размера обычно являются результатом механического измельчения материалов и часто имеют щелочную реакцию.

Дисперсионные аэрозоли, такие как пыль, образуются при измельчении частиц большего размера и обычно имеют диаметр более 1 мкм.

Для отдельных видов частиц в зависимости от размеров, формы и характерных особенностей поведения условно используют различные термины — пыль, сажа, дым, туман, дымка и пр.

*Пыль* — общий термин, применяемый лишь к твердым частицам. Различают оседающую пыль, т.е. частицы с размером более 10 мкм и механически устойчивые аэросуспензии с размером частиц 5–0,1 мкм.

*Дымы* содержат как твердые, так и жидкие частицы размером от 0,01 до 1 мкм в диаметре. Они образуются либо из веществ, улетучивающихся при высокой температуре, либо в результате химических реакций (окисления).

*Туман* состоит из жидких частиц диаметром 0,01–3 мкм.

***Влияние на окружающую среду.*** Высокие концентрации диоксида серы вызывают серьезное повреждение растительности. Острое повреждение, вызванное диоксидом серы, отражается в появлении белесых пятен на широколистных растениях или обесцвеченных некротических полос на листьях с продольным жилкованием. Хронический эффект проявляется как обесцвечивание хлорофилла, приводящее к пожелтению листьев, появлению красной или бурой окраски, которая в нормальных условиях маскируется зеленой. Независимо от формы проявления, результатом является снижение продуктивно-



сти и замедление роста. Лишайники особенно чувствительны к  $\text{SO}_2$  и используются как биоиндикаторы при определении его избыточных количеств в воздухе. Однако диоксид серы не всегда вызывает повреждение: в сульфатдефицитных местностях дополнительные небольшие уровни  $\text{SO}_2$  могут благотворно влиять на растения, однако происходящее параллельно некоторое подкисление почвы может потребовать дополнительного известкования [104].

### Ожидаемое влияние загрязнения воздуха на здоровье (ВОЗ)

Эффект	Среднесуточная концентрация, $\text{мкг}/\text{м}^3$	
	Диоксид серы	Сажа
Повышенная смертность среди пожилых людей или хронических больных	500	500
Ухудшение состояния пациентов с респираторными заболеваниями	250	250
Повышение частоты респираторных симптомов у основной популяции и повышенная частота респираторных заболеваний у детей	100	100

## Оксид углерода (II)

**Источники.** Неполное сгорание органического вещества (автотранспорт, промышленность, сжигание отходов, курение и т.п.). Образуется также при протекании некоторых биологических и промышленных процессов.

**Атмосфера.** Естественное содержание в атмосфере  $0,01-0,23 \text{ мг}/\text{м}^3$  [86]. Концентрации в городах зависят от интенсивности движения транспорта и погодных условий и изменяются в широких пределах в зависимости от времени и расстояния от источника.

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 1,145 \text{ мг}/\text{м}^3$$

$$1 \text{ мг}/\text{м}^3 = 0,873 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Влияние на здоровье.** Снижает способность крови переносить кислород к тканям. Каждая  $\text{млн}^{-1}$  CO приводит к связыванию с  $0,165 \%$  гемоглобина крови с образованием карбоксигемоглобина [104]. Существуют данные, что содержание карбоксигемоглобина  $1-2 \%$  влияет на поведение и может усугублять симптомы сердечно-сосудистых заболеваний (чтобы снабжение тканей кислородом оставалось на прежнем уровне, необходимо усиленное кровоснабжение). Содержание  $2-5 \%$  приводит к нарушению психомоторных функций, а более  $5 \%$  — нарушения сердечной деятельности и дыхания. Содержание карбоксигемоглобина более  $10 \%$  приводит к головной боли, утомляемости, сонливости, снижению работоспособности, коме, остановке дыхания и смер-

ти [104]. Принимая во внимание эти эффекты, желательнее не допускать содержания карбоксигемоглобина свыше 2 %.

## Полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ)

Полиядерные ароматические углеводороды — большая группа органических соединений, содержащих два бензольных кольца или более. Они относительно мало растворяются в воде, но хорошо — в жирах. Почти все количество ПАУ в атмосфере абсорбировано поверхностью взвешенных частиц. Существует несколько сотен ПАУ; наиболее известен бенз[а]пирен.

**Источники.** Образуются в основном в результате пиролиза, особенно неполного сгорания органических материалов, а также в природных процессах (карбонизация). Источники включают производство кокса, использование угля для обогрева, автотранспорт, сжигание нефти и угля на ТЭС (незначительный процент).

**Атмосфера.** В атмосфере идентифицировано более 500 ПАУ. Большинство измерений проводится по бенз[а]пирену. Фоновый уровень бенз[а]пирена (за исключением лесных пожаров) может быть практически нулевым. В настоящее время среднегодовые концентрации бенз[а]пирена в воздухе большинства городов укладываются в диапазон 1–10 нг/м<sup>3</sup> [86]. Очень высокие концентрации бенз[а]пирена возможны в воздухе рабочей зоны.

Обоснованность применения бенз[а]пирена в качестве индикатора ПАУ весьма проблематична. Его обнаружение свидетельствует лишь о факте загрязнения окружающей среды этими соединениями. Для получения реальной картины необходимо знать концентрацию 16 приоритетных веществ, которые формируют фоновое содержание ПАУ в атмосферном воздухе: нафталина, аценафталина, аценафтена, антрацена, флуорена, фенантрена, флуорантена, пирена, хризена, тетрафена, 3,4-бензфлуорантена, 11,12-бензфлуорантена, 3,4-бенз[а]пирена, 1,12-бензперилена, 2,3-*о*-фениленпирена, 1,2,5,6-дибензантрацена [55].

Индикаторами промышленных выбросов являются пирен, флуорантен, 1,12-бензперилен, 3,4-бензфлуорантен и 2,3-*о*-фениленпирен; индикаторами выбросов двигателей внутреннего сгорания — 1,12-бензперилен, 3,4-бензфлуорантен и 2,3-*о*-фениленпирен (первый обычно преобладает).

**Вода.** В питьевой воде наблюдались концентрации бенз[а]пирена от 0,1 до 23,4 мкг/дм<sup>3</sup> [86]. В группу приоритетных ПАУ для природных поверхностных вод входят сильно канцерогенные 3,4-бензфлуорантена и 3,4-бензпирен, слабые канцерогены 11,12-бензперилен и 2,3-*о*-фениленпирен, а также неканцерогенные, но токсичные флуорантен и 11,12-бензфлуорантен. Согласно рекомендации ВОЗ, общая концентрация шести приоритетных ПАУ в питьевой воде не должна превышать 0,2 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Продукты питания.** В некоторых продуктах ПАУ были найдены в значительных количествах; содержание зависит от метода обработки, консервирования и хранения.

**Влияние на здоровье.** Бенз[а]пирен является местным канцерогеном. Исследования в основном отмечают развитие рака легких в результате поступления ПАУ с воздухом; меньше сообщений о канцерогенности ПАУ, поступивших с пищей, хотя абсолютное количество может быть намного большим, чем в случае поступления с воздухом. Содержание бенз[а]пирена может быть использовано для оценки канцерогенного потенциала фракции ПАУ в атмосферном воздухе, но при строгом рассмотрении следует учитывать, что на канцерогенность смесей ПАУ может влиять синергизм или антагонизм с другими веществами, выбрасываемыми вместе с ПАУ при неполном сгорании. Кроме того, канцерогенность ПАУ зависит от структуры. Так, бенз[а]пирен — сильный канцероген, а его структурный изомер — бенз[а]пирен — не является канцерогеном. Коронен, основной компонент выхлопов автомобильных двигателей, неканцерогенен. Таким образом, чтобы установить, насколько токсична смесь ПАУ, требуется определить не только их суммарное содержание, но и содержание каждого компонента в отдельности.

## Сероводород

**Источники.** Побочный продукт при очистке нефти, природного газа. Разложение органических отходов. Содержится в отходящих газах (например, производство вискозы, хвостовые газы в производстве серы, кокса и др.). Станции водоочистки, производство бумаги сульфатным методом.

**Атмосфера.** Среднее содержание в атмосфере  $0,3 \text{ мкг/м}^3$ . Достаточно высокие концентрации наблюдаются вблизи точечных источников (до  $0,20 \text{ мг/м}^3$ ) [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 1,5 \text{ мг/м}^3$$

$$1 \text{ мг/м}^3 = 0,670 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Влияние на здоровье.** Острая интоксикация в основном выражается в поражении нервной системы. В концентрациях  $15 \text{ мг/м}^3$  и выше сероводород вызывает раздражение конъюнктивы, причем, воздействуя на нервные окончания, он снижает болевую чувствительность, что приводит к большему поражению тканей. Серьезные поражения глаз вызывает концентрация  $70 \text{ мг/м}^3$  [86]. В более высоких концентрациях (более  $225 \text{ мг/м}^3$ ) сероводород инактивирует обонятельные рецепторы, так что запах как сигнал опасности уже не воспринимается.

Типичные симптомы интоксикации часто вызываются относительно высоким концентрациями, встречающимися на рабочих местах. При воздействии концентраций менее  $30 \text{ мг/м}^3$  отмечались симптомы неврологических нарушений [86]. В местах естественных эмиссий сероводорода имеется риск для всего населения.

## Сероуглерод

**Источники.** Основной источник загрязнения окружающей среды — эмиссии предприятий, производящих вискозное волокно. Процессы газификации угля также являются источником  $\text{CS}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  в атмосфере.

**Атмосфера.** Вблизи предприятий, производящих вискозное волокно. Вокруг таких заводов концентрация  $\text{CS}_2$  составляет 0,01-0,21  $\text{мг/м}^3$ ; на расстоянии нескольких километров концентрация составляет 0,157  $\text{мг/м}^3$  и увеличивается в несколько раз при приближении к предприятию [86].

**Вода.** Может попадать в воду со сточными водами предприятий по производству вискозного волокна. Питьевая вода в норме не содержит  $\text{CS}_2$ .

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 3,13 \text{ мг/м}^3$$

$$1 \text{ мг/м}^3 = 0,32 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Пути поступления в организм.** Поступление с воздухом — основной путь попадания в организм (в том числе и при профессиональном контакте). Абсорбция через кожу как путь поступления в организм имеет значение только при профессиональном контакте.

**Влияние на здоровье.** Контакт с этим веществом наиболее вероятен при использовании его в производственном цикле, но нельзя исключить и влияние эмиссий на людей, живущих вблизи предприятий, производящих вискозное волокно. Острое и подострое отравление развивается при воздействии  $\text{CS}_2$  в концентрации 500–3000  $\text{мг/м}^3$  [86] и характеризуется в основном проявлением неврологических и психиатрических симптомов (раздражительность, смены настроения, маниакальный психоз, галлюцинации, параноидальные идеи, потеря аппетита, желудочно-кишечные и сексуальные расстройства). При многолетнем воздействии 10  $\text{мг/м}^3$  отмечается сенсорный полиневрит и повышение болевого порога. Эти неврологические нарушения сопровождаются психологическими расстройствами. При воздействии 100-500  $\text{мг/м}^3$  отмечаются неврологические и сосудистые нарушения в зрительном аппарате: оптическая атрофия, экссудативные изменения, точечные кровоизлияния, ретробульбарный неврит, микроаневризма и склероз сосудов. Морфологические изменения сопровождаются функциональными (изменение цветовосприятия, темновой адаптации, реакции зрачка на свет, аккомодации и т.д.). При хроническом воздействии 20–300  $\text{мг/м}^3$  установлено воздействие  $\text{CS}_2$  на кровеносные сосуды и различные органы и ткани, приводящее к развитию энцефалопатии и нефропатии [86]. При предрасположенности к коронарной болезни сердца оказывает влияние на коронарные сосуды сердца.

## Стирол

**Источники.** Используется в основном при производстве полимеров, сополимеров и армированных пластмасс, в частности полистирола. Не встречается

в природе. Основным источником поступления в атмосферу — эмиссии нефтехимических предприятий. Стирол присутствует также в выбросах автотранспорта; выделяется при горении, сжигании отходов (количество возрастает с повышением температуры сжигания). Некоторое количество стирола может также выделяться из новых изделий из пластмассы (это может иметь значение при загрязнении воздуха внутри зданий).

**Атмосфера.** Концентрации в сельских или незагрязненных городских районах низкие (ниже  $1 \text{ мкг/м}^3$ ); в загрязненных районах может достигать  $20 \text{ мкг/м}^3$ . В новых зданиях, построенных с применением стройматериалов на основе производных стирола (в том числе и пластмасс) концентрации могут быть намного выше. На расстоянии 1 км от заводов по производству стирола концентрация стирола в воздухе может составлять  $30 \text{ мкг/м}^3$  и более [86].

**Вода.** Содержание стирола обычно не превышает нескольких  $\text{мкг/дм}^3$ ; в питьевой воде регистрируется редко, гораздо более вероятно его наличие в сточных водах (нефтепереработка, химическая промышленность, производство пластмасс) [86].

**Продукты питания.** Полистирол и его сополимеры часто используются как упаковочные материалы. Следы мономера (стирол) могут мигрировать из упаковки в продукты.

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 4,2 \text{ мкг/м}^3$$

$$1 \text{ мкг/м}^3 = 0,24 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Пути поступления в организм.** В целом, для населения основным путем поступления стирола в организм является вдыхание с воздухом, причем одинаково важно загрязнение атмосферного воздуха и воздуха внутри зданий [86].

**Влияние на здоровье.** Данные о мутагенности противоречивы. Недостаточно данных для вывода о канцерогенности для человека. Токсические эффекты отмечены в производственных условиях и включают функциональные нарушения ЦНС и раздражение слизистых оболочек. Наименьшая концентрация, при которой отмечено отрицательное воздействие стирола —  $84 \text{ мкг/м}^3$ , что значительно превышает обычное содержание стирола в атмосферном воздухе [86].

## Тетрахлорэтилен (ТХЭ)

**Источники.** Используется как растворитель для химической чистки одежды, для очистки металлических поверхностей, в текстильной и химической промышленности.

**Атмосфера.** Глобальный фоновый уровень ТХЭ — около  $0,2 \text{ мкг/м}^3$ . Максимальные пиковые концентрации в атмосфере городов — около  $70 \text{ мкг/м}^3$ ; в среднем —  $1-10 \text{ мкг/м}^3$ . Высокие концентрации ТХЭ отмечаются вблизи полигонов по захоронению отходов и предприятий химчистки. Концентрации в

воздухе зданий могут изменяться в широких пределах (от 3 до 250 мг/м<sup>3</sup>); источник загрязнения при этом — стройматериалы, потребительские товары [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

1 млн<sup>-1</sup> (1 ppm) = 6,78 мг/м<sup>3</sup> при 20-25°C и 760 мм.рт.ст.

1 мг/м<sup>3</sup> = 0,14 млн<sup>-1</sup> (ppm)

**Пути поступления в организм.** Ингаляционный путь, несомненно, преобладает, причем загрязнение воздуха внутри жилых помещений может быть не менее (а иногда и более) значимо, чем загрязнение атмосферного воздуха [86].

**Влияние на здоровье.** Влияние на здоровье (поражение ЦНС) ограничивается случаями острых отравлений или воздействием очень высоких концентраций в воздухе рабочей зоны. Поскольку уровни содержания ТХЭ в окружающей среде на порядки ниже тех, при которых отмечается воздействие на ЦНС, вегетативную нервную систему, печень и почки, значимость ТХЭ как загрязняющего воздух вещества невелика.

## Толуол

**Источники.** Входит в состав нефти. Используется как растворитель в красках, в косметической продукции, в химической промышленности.

**Атмосфера.** Фоновый уровень — 0,75 мг/м<sup>3</sup>, однако в городах концентрации выше и изменяются в широких пределах (0,0005–1,31 мг/м<sup>3</sup>; обычно 0,1–204 мг/м<sup>3</sup>). Пиковые концентрации могут достигать 20 мг/м<sup>3</sup>. В сельских районах — от следов до 3,8 мг/м<sup>3</sup>; вблизи производства или мест массового использования — 0,1–20 мг/м<sup>3</sup> [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

1 млн<sup>-1</sup> (1 ppm) = 3,75 мг/м<sup>3</sup> при 25°C и 760 мм.рт.ст.

1 мг/м<sup>3</sup> = 0,266 млн<sup>-1</sup> (ppm)

**Пути поступления в организм.** Загрязнение воздуха — основной источник поступления толуола в организм; при этом концентрации в воздухе зданий могут намного (на порядок) превышать концентрации в атмосфере (при применении красок и растворителей).

**Влияние на здоровье.** Толуол раздражает глаза при концентрации 375 мг/м<sup>3</sup>; при этой же концентрации отмечаются функциональные нарушения ЦНС [86]. Некоторые эффекты могут быть обусловлены воздействием примесей более токсичного бензола.

## Трихлорэтилен (ТХЭН)

**Источники.** Естественные источники трихлорэтилена неизвестны. В основном используется как обезжиривающий агент металлических деталей. Области применения включают также печать, производство чернил для печати,

экстракционные процессы, производство красок, нанесение рисунка на ткани. Трихлорэтилен может присутствовать в продуктах бытовой химии (пятновыводители, адгезивы, средства для чистки ковров и т.п.). Большая часть ТХЭН поступает в атмосферу в результате использования.

**Атмосфера.** Фоновые концентрации, определяемые как уровни, измеряемые в незагрязненных сельских районах, — порядка десятков  $\text{нг}/\text{м}^3$ . Согласно расчетам, фоновая концентрация ТХЭН в северном полушарии составляет примерно  $75 \text{ нг}/\text{м}^3$ . В городах концентрации ТХЭН варьируют в пределах от нескольких  $\text{мкг}/\text{м}^3$  до  $50 \text{ мкг}/\text{м}^3$  (максимальное значение). Внутри помещений концентрации ТХЭН по меньшей мере того же порядка, что и концентрации в атмосфере, а в некоторых случаях — значительно более высокие (до  $100 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ) [86].

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 5,4 \text{ мкг}/\text{м}^3$$

$$1 \text{ мкг}/\text{м}^3 = 0,18 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$$

**Пути поступления в организм.** В целом, для населения респираторный путь поступления ТХЭН в организм является наиболее важным.

**Влияние на здоровье.** Воздействие ТХЭН приводит к поражению ЦНС. Отмечается также раздражение глаз и кожи; в некоторых случаях отмечалось серьезное поражение печени и изменения почек. Все эти эффекты отмечались при профессиональном контакте с ТХЭН. Рекомендуемая ВОЗ величина максимально возможной концентрации в атмосферном воздухе, не отражающей на здоровье населения ( $1 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ), значительно (на несколько порядков) превышает обычный уровень содержания ТХЭН в атмосфере [86].

## Тяжелые металлы

При кажущейся ясности понятия «тяжелые металлы» его значение следует определить более четко из-за встречающихся в литературе неоднозначных оценок. Термин «тяжелые металлы» связан с высокой относительной атомной массой. Эта характеристика обычно отождествляется с представлением о высокой токсичности. Одним из признаков, которые позволяют относить металлы к тяжелым, является их плотность. В современной цветной металлургии различают тяжелые цветные металлы — плотность  $7,14\text{--}21,4 \text{ г}/\text{см}^3$  (цинк, олово, медь, свинец, хром и др.) и легкие цветные металлы — плотность  $0,53\text{--}3,5 \text{ г}/\text{см}^3$  (литий, бериллий и др.).

Согласно технической классификации, к группе тяжелых металлов принадлежит более 40 элементов с высокой относительной атомной массой и относительной плотностью больше 6. По другой классификации, в эту группу включают цветные металлы с плотностью большей, чем у железа (свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, олово, сурьма, висмут, ртуть).

Согласно сведениям, представленным в «Справочнике по элементарной химии» под ред. А.Т.Пилипенко (1977), к тяжелым металлам отнесены эле-

менты, плотность которых более  $5 \text{ г/см}^3$ . Если исходить из этого показателя, тяжелыми следует считать 43 из 84 металлов Периодической системы элементов. Среди этих 43 металлов 10 обладают наряду с металлическими свойствами признаками неметаллов (представители главных подгрупп VI, V, IV, III групп Периодической системы, являющиеся *p*-элементами), поэтому более строгим был бы термин «тяжелые элементы», но в данной публикации мы будем пользоваться общепринятым в литературе термином «тяжелые металлы».

Таким образом, к тяжелым металлам относят более 40 химических элементов с относительной плотностью более 6. Число же опасных загрязняющих веществ, если учитывать токсичность, стойкость и способность накапливаться во внешней среде, а также масштабы распространения указанных металлов, значительно меньше.

Прежде всего представляют интерес те металлы, которые наиболее широко и в значительных объемах используются в производственной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. К ним относят свинец, ртуть, кадмий, цинк, висмут, кобальт, никель, медь, олово, сурьму, ванадий, марганец, хром, молибден и мышьяк.

#### Биогеохимические свойства тяжелых металлов [55]

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

В — высокая, У — умеренная, Н — низкая



### **Формы нахождения в окружающей среде**

В атмосферном воздухе тяжелые металлы присутствуют в форме органических и неорганических соединений в виде пыли и аэрозолей, а также в газообразной элементной форме (ртуть). При этом аэрозоли свинца, кадмия, меди и цинка состоят преимущественно их субмикронных частиц диаметром 0,5–1 мкм, а аэрозоли никеля и кобальта — из крупнодисперсных частиц (более 1 мкм), которые образуются в основном при сжигании дизельного топлива.

В водных средах металлы присутствуют в трех формах: взвешенные частицы, коллоидные частицы и растворенные соединения. Последние представлены свободными ионами и растворимыми комплексными соединениями с органическими (гуминовые и фульвокислоты) и неорганическими (галогениды, сульфаты, фосфаты, карбонаты) лигандами. Большое влияние на содержание этих элементов в воде оказывает гидролиз, во многом определяющий форму нахождения элемента в водных средах. Значительная часть тяжелых металлов переносится поверхностными водами во взвешенном состоянии [55].

Сорбция тяжелых металлов донными отложениями зависит от особенностей состава последних и содержания органических веществ. В конечном итоге тяжелые металлы в водных экосистемах концентрируются в донных отложениях и биоте.

В почвах тяжелые металлы содержатся в водорастворимой, ионообменной и непрочно адсорбированной формах. Водорастворимые формы, как правило, представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическим комплексными соединениями. Кроме того, ионы тяжелых металлов могут быть связаны с минералами как часть кристаллической решетки.

### **Источники**

Добыча и переработка не являются самым мощным источником загрязнения среды металлами. Валовые выбросы от этих предприятий значительно меньше выбросов от предприятий теплоэнергетики. Не металлургическое производство, а именно процесс сжигания угля является главным источником поступления в биосферу многих металлов. В угле и нефти присутствуют все металлы. Значительно больше, чем в почве, токсичных химических элементов, включая тяжелые металлы, в золе электростанций, промышленных и бытовых топок. Выбросы в атмосферу при сжигании топлива имеют особое значение. Например, количество ртути, кадмия, кобальта, мышьяка в них в 3–8 раз превышает количество добываемых металлов. Известны данные о том, что только один котлоагрегат современной ТЭЦ, работающий на угле, за год выбрасывает в атмосферу в среднем 1–1,5 т паров ртути. Тяжелые металлы содержатся и в минеральных удобрениях.

Наряду со сжиганием минерального топлива важнейшим путем техногенного рассеяния металлов является их выброс в атмосферу при высокотемпературных технологических процессах (металлургия, обжиг цементного сырья и др.), а также транспортировка, обогащение и сортировка руды.

Техногенное поступление тяжелых металлов в окружающую среду происходит в виде газов и аэрозолей (возгона металлов и пылевидных частиц) и в составе сточных вод.

Металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся: период полуудаления цинка — до 500 лет, кадмия — до 1100 лет, меди — до 1500 лет, свинца — до нескольких тысяч лет.

Существенный источник загрязнения почвы металлами — применение удобрений из шламов, полученных из промышленных и канализационных очистных сооружений.

В выбросах металлургических производств тяжелые металлы находятся, в основном, в нерастворимой форме. По мере удаления от источника загрязнения наиболее крупные частицы оседают, доля растворимых соединений металлов увеличивается, и устанавливаются соотношения между растворимой и нерастворимыми формами. Аэрозольные загрязнения, поступающие в атмосферу, удаляются из нее путем естественных процессов самоочищения. Важную роль при этом играют атмосферные осадки. В итоге выбросы промышленных предприятий в атмосферу, сбросы сточных вод создают предпосылки для поступления тяжелых металлов в почву, подземные воды и открытые водоемы, в растения, донные отложения и животных.

Дальность распространения и уровни загрязнения атмосферы зависят от мощности источника, условий выбросов и метеорологической обстановки. Однако в условиях промышленно-городских агломераций и городской застройки параметры распространения металлов в воздухе еще плохо прогнозируются. С удалением от источников загрязнения уменьшение концентраций аэрозолей металлов в атмосферном воздухе чаще происходит по экспоненте, вследствие чего зона их интенсивного воздействия, в которой имеет место превышение ПДК, сравнительно невелика.

В условиях урбанизированных зон суммарный эффект от регистрируемого загрязнения воздуха является результирующей сложения множества полей рассеяния и обусловлен удалением от источников выбросов, градостроительной структурой и наличием необходимых санитарно-защитных зон вокруг предприятий. Естественное (фоновое) содержание тяжелых металлов в незагрязненной атмосфере составляет тысячные и десятитысячные доли микрограмма на кубический метр и ниже. Такие уровни в современных условиях на сколько-нибудь обжитых территориях практически не наблюдается. Фоновое содержание свинца принято равным  $0,006 \text{ мкг/м}^3$ , ртути —  $0,001-0,8 \text{ мкг/м}^3$  (в городах — на несколько порядков выше). К основным отраслям, с которыми связано загрязнение окружающей среды ртутью, относят горнодобывающую, металлургическую, химическую, приборостроительную, электровакуумную и фармацевтическую. Наиболее интенсивные источники загрязнения окружающей среды кадмием — металлургия и гальванопокрытия, а также сжигание твердого и жидкого топлива. В незагрязненном воздухе над океаном средняя концентрация кадмия составляет  $0,005 \text{ мкг/м}^3$ , в сельских местностях — до  $0,05 \text{ мкг/м}^3$ , а в районах размещения предприятий, в выбросах которых он

содержится (цветная металлургия, ТЭЦ, работающие на угле и нефти, производство пластмасс и т.п.), и промышленных городах — до 0,3-0,6 мкг/м<sup>3</sup>.

Атмосферный путь поступления химических элементов в окружающую среду городов является ведущим. Однако уже на небольшом удалении, в частности, в зонах пригородного сельского хозяйства, относительная роль источников загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами может измениться и наибольшую опасность будут представлять сточные воды и отходы, накапливаемые на свалках и применяемые в качестве удобрений.

Максимальной способностью концентрировать тяжелые металлы обладают взвешенные вещества и донные отложения, затем планктон, бентос и рыбы.

**Осадки.** Зона максимальных концентраций металлов в воздухе распространяется до 2 км от источника. В ней содержание металлов в приземном слое атмосферы в 100-1000 раз выше местного геохимического фона, а в снеге — в 500-1000 раз. На удалении 2-4 км располагается вторая зона, где содержание металлов в воздухе приблизительно в 10 раз ниже, чем в первой. Намечается третья зона протяженностью 4-10 км, где лишь отдельные пробы показывают повышенное содержание металлов. По мере удаления от источника соотношения разных форм рассеивающихся металлов меняются. В первой зоне водорастворимые соединения составляют всего 5-10 %, а основную массу выпадений образуют мелкие пылевидные частицы сульфидов и оксидов. Относительное содержание водорастворимых соединений возрастает с расстоянием.

## Формальдегид

**Источники.** Антропогенные источники включают непосредственные эмиссии при производстве и промышленном использовании, и вторичные (окисление углеводородов, выбрасываемых стационарными и мобильными источниками). Основное значение имеет загрязнение воздуха внутри зданий (изоляционные материалы, ДСП, клееная фанера, сигаретный дым, приготовление пищи).

**Атмосфера.** Фоновые концентрации составляют несколько мкг/м<sup>3</sup>; в городском воздухе достигают 0,005-0,01 мг/м<sup>3</sup> (выше вблизи промышленных источников) [86]. Кратковременные пиковые концентрации в застроенных городских районах (в часы пик или в условиях фотохимического смога) примерно на порядок выше.

Концентрации в воздухе внутри зданий — несколько десятых мг/м<sup>3</sup> (основной конструкционный материал — ДСП).

**Вода.** За исключением аварийных ситуаций, концентрации в питьевой воде не превышают 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

**Продукты питания.** Некоторое количество формальдегида естественного происхождения содержится в сырых продуктах (мясо, фрукты, овощи). Содержание его может увеличиваться при обработке (в частности, при копчении).

Большая часть формальдегида в продуктах питания находится в связанной и недоступной для усвоения форме.

**Коэффициенты перерасчета концентраций:**

$1 \text{ млн}^{-1} (1 \text{ ppm}) = 1,2 \text{ мг/м}^3$  при 20-25°C и 760 мм рт. ст.

$1 \text{ мг/м}^3 = 0,833 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$

**Пути поступления в организм.** Предполагается, что основным путем поступления формальдегида в организм является ингаляционный. Поступление с вдыхаемым воздухом — около 1 мг/день, реже 2 мг/день. Курение является дополнительным источником. Поступление с водой пренебрежимо мало.

**Влияние на здоровье.** Симптомы кратковременного воздействия — раздражение глаз, слизистых оболочек носа и гортани, слезотечение, кашель, одышка и тошнота.

## Хлорорганические пестициды (ХОП)

**Источники.** Применение в сельском хозяйстве, хранение. Особенно большие количества ХОП поступают в атмосферу при использовании сельскохозяйственной авиации.

**Атмосфера.** ХОП переносятся с воздухом на большие расстояния. Фоновые концентрации гексахлорана и ДДТ в воздухе над океаном — соответственно 0,4-0,6 и 0,03-1,0 нг/м<sup>3</sup> [55]. Максимальные концентрации ХОП отмечаются в атмосфере в теплый период с пиковыми значениями весной и осенью.

**Вода.** В отличие от концентраций диоксинов, наблюдаемые в поверхностных водах концентрации ХОП сохраняются в среднем на уровне 1-50 нг/см<sup>3</sup>, что связано с их более высокой растворимостью в воде. ХОП хорошо адсорбируются органическим веществом почвы или донным илом и за счет этого способны перемещаться с поверхностными водами. Загрязнение водных объектов ХОП обусловлено главным образом поверхностным стоком с загрязненных полей, а также осаждением из атмосферы. Попадая в водоемы, ХОП сравнительно быстро перераспределяются между водой и донными отложениями.

**Почва.** Период полураспада в почве для большинства ХОП превышает 1,5 года, а для некоторых (ДДТ, дильдрин) составляет 15-20 лет [55].

**Пути поступления в организм.** ХОП хорошо поглощаются листьями и побегами из воздуха. Загрязненная рыба является основным источником поступления ХОП в организм человека [55].

**Влияние на здоровье.** Помимо общей токсичности, повышают риск развития рака. Некоторые ХОП способны нарушать структуру генетического аппарата. Повреждают репродуктивную функцию. Действие во многом аналогично действию диоксинов и дибензофуранов (см. в разделе «Суперэкоотоксиканты»).

# Показатели качества вод и формы миграции некоторых загрязняющих веществ в водной среде

## 5.1. Общие и суммарные показатели качества вод

### Температура

Температура воды в водоеме является результатом нескольких одновременно протекающих процессов, таких как солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентным перемешиванием вод и др. Обычно прогревание воды происходит сверху вниз. Годовой и суточный ход температуры воды на поверхности и глубинах определяется количеством тепла, поступающего на поверхность, а также интенсивностью и глубиной перемешивания. Суточные колебания температуры могут составлять несколько градусов и обычно проникают на небольшую глубину. На мелководье амплитуда колебаний температуры воды близка к перепаду температуры воздуха.

В требованиях к качеству воды водоемов, используемых для купания, спорта и отдыха, указано, что летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет. В водоемах рыбохозяйственного назначения допускается повышение температуры воды в результате спуска сточных вод не больше, чем на 5°C по сравнению с естественной температурой.

Температура воды – важнейший фактор, влияющий на протекающие в водоеме физические, химические, биохимические и биологические процессы, от которого в значительной мере зависят кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения. Значения температуры используют для вычисления степени насыщения воды кислородом, различных форм щелочности, состояния карбонатно-кальциевой системы, при многих гидрохимических, гидробиологических, особенно лимнологических исследованиях, при изучении тепловых загрязнений.

### Взвешенные вещества (грубодисперсные примеси)

Взвешенные твердые вещества, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и других микроорганизмов. Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и с режимом стока и зависит от таяния снега, пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т.п.

Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды и на проникновение в нее света, на температуру, растворенные компоненты поверхностных вод, абсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит для рекреационного использования по эстетическим соображениям.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения содержание взвешенных веществ в результате спуска сточных вод не должно увеличиваться соответственно более чем на  $0,25 \text{ мг/дм}^3$  и  $0,75 \text{ мг/дм}^3$ . Для водоемов, содержащих в межень более  $30 \text{ мг/дм}^3$  природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в воде в пределах 5%.

Определение количества взвешенных частиц важно проводить при контроле процессов биологической и физико-химической обработки сточных вод и при оценке состояния природных водоемов.

Грубодисперсные примеси определяют гравиметрическим методом после их отделения путем фильтрования через фильтр «синяя лента» (преимущественно для проб с прозрачностью менее 10 см).

### **Мутность**

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: слабая опалесценция, опалесценция, слабая, заметная и сильная муть.

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ .

Мутность воды определяют турбидиметрически (по ослаблению проходящего через пробу света). Турбидиметрическое определение предназначено для вод, имеющих переменчивый состав и форму тонкодисперсных примесей. Без предварительного фильтрования пробы турбидиметрически будут определяться не только коллоидные, но и более грубодисперсные частицы.

### **Цветность**

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п. Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды.

Различают «истинный цвет», обусловленный только растворенными веществами, и «кажущийся» цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной рН.

Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. В соответствии с требованиями к качеству воды в зонах рекреации окраска воды не должна обнаруживаться визуально в столбике высотой 10 см.

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

### Прозрачность

Прозрачность (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т.е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Воду в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (как правило, шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Ослабление в мутной воде интенсивности света с глубиной приводит к большему поглощению солнечной энергии вблизи поверхности. Появление более теплой воды у поверхности уменьшает перенос кислорода из воздуха в воду, снижает плотность воды, стабилизирует стратификацию.

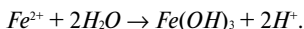
Определение прозрачности воды – обязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Уменьшение потока света снижает эффективность фотосинтеза и биологическую продуктивность водоема. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

### Водородный показатель pH

Содержание ионов водорода (вернее, гидроксония) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:



Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком:  $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ . Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения pH тесно связаны с процессами фотосинтеза (из-за потребления  $\text{CO}_2$  водной растительностью). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов:



Значение рН в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5-8,5, в атмосферных осадках 4,6-6,1, в болотах 5,5-6,0, в морских водах 7,9-8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина рН для большинства речных вод составляет 6,8-7,4, летом 7,4-8,2. рН природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения **величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5-8,5.**

рН воды — один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. рН воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

### **Кислотность**

Кислотностью называют содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с гидроксил-ионами. Расход гидроксида отражает общую кислотность воды. В обычных природных водах кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободного диоксида углерода. Естественную часть кислотности создают также гуминовые и другие слабые органические кислоты. В этих случаях рН воды не бывает ниже 4,5.

В загрязненных водоемах может содержаться большое количество сильных кислот или их солей за счет сброса промышленных сточных вод. В этих случаях рН может быть ниже 4,5. Часть общей кислотности, снижающей рН до величин <4,5, называется свободной.

### **Щелочность**

Под щелочностью природных или очищенных вод понимают способность некоторых их компонентов связывать эквивалентное количество сильных кислот. Щелочность создают все катионы, которые в воде были уравновешены гидроксильными ионами и анионами слабых кислот (например, карбонаты, гидрокарбонаты). Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для замещения этих анионов. Расход кислоты эквивалентен их общему содержанию и отражает общую щелочность. Щелочность большинства природных вод определяется только гидрокарбонатами кальция и магния, рН этих вод не превышает 8,3.

Определение щелочности полезно при дозировании химических веществ, необходимых при обработке вод для водоснабжения, а также при реагентной очистке некоторых сточных вод. Определение щелочности при избыточных



концентрациях щелочноземельных металлов важно при установлении пригодности воды для ирригации.

### **Жесткость**

Жесткость воды представляет собой свойство природной воды, зависящее от наличия в ней главным образом растворенных солей кальция и магния. Суммарное содержание этих солей называют **общей жесткостью**. Общая жесткость подразделяется на **карбонатную**, обусловленную концентрацией гидрокарбонатов (и карбонатов при  $\text{pH} > 8,3$ ) солей кальция и магния, и **некарбонатную** — концентрацию в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот. Поскольку при кипячении воды гидрокарбонаты переходят в карбонаты, которые выпадают в осадок, карбонатную жесткость называют **временной** или **устраняемой** жесткостью. Остающаяся после кипячения жесткость называется **постоянной**. *Результаты определения жесткости обычно выражают в мг-экв/л.*

В естественных условиях ионы кальция, магния и других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с карбонатными минералами и при других процессах растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов являются также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

*Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/л считается мягкой, от 4 до 8 мг-экв/л — средней жесткости, от 8 до 12 мг-экв/л — жесткой и выше 12 мг-экв/л — очень жесткой. Общая жесткость колеблется от единиц до десятков, иногда сотен мг-экв/л, причем карбонатная жесткость составляет до 70-80% от общей жесткости.*

Обычно преобладает (до 70%) жесткость, обусловленная ионами кальция; однако, в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50-60%. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (десятки и сотни мг-экв/л). Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период паводка.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения. **Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 10,0 мг-экв/л.** Особые требования предъявляются к технической воде (накипь).

### **Электропроводность**

Электропроводность — это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Природные воды представляют в основном растворы смесей сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие других ионов, например  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  не сильно влияет на элект-

тропроводность, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах (например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод).

Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность, изменяется в широких пределах. Большинство рек имеет минерализацию от нескольких десятков миллиграммов в литре до нескольких сотен. Их удельная электропроводность варьирует от 30 мкСм/см до 1500 мкСм/см. Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется в интервале от 40-50 мг/дм<sup>3</sup> до 650 г/кг (плотность в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм<sup>3</sup>) составляет величины 20-120 мкСм/см.

Многие производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водоснабжения предъявляют определенные требования к качеству вод, в частности к минерализации, так как воды, содержащие большое количество солей, отрицательно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции, вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв.

#### Классификация природных вод по минерализации

Категория вод	Минерализация, г/см <sup>3</sup>
Ультрапресные	< 0,2
Пресные	0,2 – 0,5
Воды с относительно повышенной минерализацией	0,5 – 1,0
Солоноватые	1,0 – 3,0
Соленые	3 – 10
Воды повышенной солёности	10 – 35
Рассолы	> 35

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/дм<sup>3</sup>. По согласованию с органами санэпиднадзора для водопровода, подающего воду без соответствующей обработки (например, из артезианских скважин) допускается увеличение минерализации до 1500 мг/дм<sup>3</sup>.

Нормируемые величины минерализации приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2 мСм/см (1000 мг/дм<sup>3</sup>) и 3 мСм/см (1500 мг/дм<sup>3</sup>) в случае как хлоридной (в пересчете на NaCl), так и карбонатной (в пересчете на CaCO<sub>3</sub>) минерализации.

Величина удельной электропроводности служит приблизительным показателем их суммарной концентрации электролитов, главным образом, неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод. Удельная электропроводность — удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия.

## Кислород

Растворенный кислород находится в природной воде в виде молекул  $O_2$ . На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают ее. К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, следует отнести:

- 1) процесс абсорбции кислорода из атмосферы;
- 2) выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза.

Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на поверхности водного объекта. Скорость этого процесса повышается с понижением температуры, уже достигнутой степени насыщения водоема кислородом, с повышением давления и понижением минерализации. Аэрация — обогащение глубинных слоев воды кислородом — происходит в результате перемешивания водных масс, в том числе ветрового, вертикальной температурной циркуляции и т.д.

Фотосинтетическое выделение кислорода происходит при ассимиляции диоксида углерода водной растительностью (прикрепленными, плавающими растениями и фитопланктоном). Процесс фотосинтеза протекает тем сильнее, чем выше температура воды, интенсивность солнечного освещения и больше биогенных (питательных) веществ (P, N и др.) в воде. Продуцирование кислорода происходит в поверхностном слое водоема, глубина которого зависит от прозрачности воды (для каждого водоема и сезона может быть различной — от нескольких сантиметров — до нескольких десятков метров). Кислород может также поступать в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно им пересыщены.

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся реакции потребления его на окисление органических веществ: биологическое (дыхание организмов), биохимическое (дыхание бактерий, расход кислорода при разложении органических веществ) и химическое (окисление  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ ). Скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры, количества бактерий и других водных организмов и веществ, подвергающихся химическому и биохимическому окислению. Кроме того, уменьшение содержания кислорода в воде может происходить вследствие выделения его в атмосферу из поверхностных слоев и только в том случае, если вода при данных температуре и давлении окажется пересыщенной кислородом.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах — от 0 до  $14 \text{ мг/дм}^3$  — и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Суточные колебания зависят от интенсивности процессов его продуцирования и потребления и могут достигать  $2,5 \text{ мг/дм}^3$  растворенного кислорода. В речных водах наиболее высокие концентрации наблюдаются обычно в осеннее время, наиболее низкие — зимой, когда в результате образования ледяного покрова прекращается поступление  $O_2$  из атмосферы. Дефицит кислорода чаще наблюдается в эвтрофированных водоемах, содержащих большое количество биогенных и гумусовых веществ.

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. Кислородный режим оказывает глубокое влияние на жизнь водоема. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около 5 мг О/дм<sup>3</sup>. Понижение его до 2 мг О/дм<sup>3</sup> вызывает массовую гибель (замор) рыбы. Неблагоприятно сказывается на состоянии водного населения и пересыщение воды кислородом.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе, отобранной до 12 часов дня, не должно быть ниже 4 мг О/дм<sup>3</sup> в любой период года.

Определение кислорода в поверхностных водах включено в программы наблюдений с целью оценки условий обитания гидробионтов, в том числе рыб, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки стоков. Она существенна для аэробного дыхания и является индикатором биологической активности (т.е. фотосинтеза) в водоеме.

### **Окисляемость**

Состав органических веществ в природных водах формируется под влиянием многих факторов. К числу важнейших относятся внутриводоемные биохимические процессы продуцирования и трансформации, поступления из других водных объектов, с поверхностным и подземным стоком, с атмосферными осадками, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Образующиеся в водоеме и поступающие в него извне органические вещества весьма разнообразны по своей природе и химическим свойствам, в том числе по устойчивости к действию разных окислителей. Соотношение содержащихся в воде легко- и трудноокисляемых веществ в значительной мере влияет на окисляемость воды в условиях того или иного метода ее определения.

В поверхностных водах органические вещества находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях. Последние в рутинном анализе отдельно не учитываются, поэтому различают окисляемость фильтрованных (растворенное органическое вещество) и нефилтрованных (общее содержание органических веществ) проб.

Величины окисляемости природных вод изменяются в пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов в литре в зависимости от общей биологической продуктивности водоемов, степени загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов, а также от влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот, торфяников и т.п. Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет довольно отчетливую физико-географическую зональность.

## Физико-географическая зональность природных вод

Окисляемость перманганатная	мг О/дм <sup>3</sup>	Зона
Очень малая	0 – 2	Высокогорье
Малая	2 - 5	Горные районы
Средняя	5 - 10	Зоны широколиственных лесов, степи, полупустыни и пустыни, а также тундра
Повышенная	15 – 20	Северная и южная тайга

Окисляемость подвержена закономерным сезонным колебаниям. Их характер определяется, с одной стороны, гидрологическим режимом и зависящим от него поступлением органических веществ с водосбора и, с другой, – гидробиологическим режимом.

В водоемах и водотоках, подверженных сильному воздействию хозяйственной деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод. Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять перманганатную окисляемость; в более загрязненных водах определяют, как правило, бихроматную окисляемость (ХПК).

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг О/дм<sup>3</sup>; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О/дм<sup>3</sup>.*

В программах мониторинга ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению сильным химическим окислителем. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока.

**Биохимическое потребление кислорода**

Степень загрязнения воды органическими соединениями определяют как количество кислорода, необходимое для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях.

Полным биохимическим потреблением кислорода (БПК<sub>полн.</sub>) считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до начала процессов нитрификации. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. В лабораторных условиях наряду с БПК<sub>полн.</sub> определяется БПК<sub>5</sub> — биохимическая потребность в кислороде за 5 суток. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют БПК<sub>20</sub>, считая что эта величина близка к БПК<sub>полн.</sub>

В поверхностных водах величины БПК<sub>5</sub> изменяются обычно в пределах 0,5-4 мг О/дм<sup>3</sup> и подвержены сезонным и суточным колебаниям. Сезонные изменения зависят в основном от изменения температуры и от исходной

концентрации растворенного кислорода. Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2-3 раза при повышении температуры на 10°C. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.

Суточные колебания величин БПК<sub>5</sub> также зависят от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на 2,5 мг/дм<sup>3</sup> в зависимости от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и потребления. Весьма значительны изменения величин БПК<sub>5</sub> в зависимости от степени загрязненности водоемов.

**Величины БПК<sub>5</sub> в водоемах с различной степенью загрязненности**

<b>Степень загрязнения (классы водоемов)</b>	<b>БПК<sub>5</sub></b>
Очень чистые	0,5 – 1,0
Чистые	1,1 – 1,9
Умеренно загрязненные	2,0 – 2,9
Загрязненные	3,0 – 3,9
Грязные	4,0 – 10,0
Очень грязные	> 10,0

Биохимическое окисление различных веществ происходит с различной скоростью. К легкоокисляющимся («биологически мягким») веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенол, фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ и др. Медленно разрушаются «биологически жесткие» вещества гидрохинон, сульфенол, неионогенные ПАВ и др. Для водоемов, загрязненных преимущественно хозяйственно-бытовыми сточными водами, БПК<sub>5</sub> составляет обычно около 70% БПК<sub>полн.</sub>

В зависимости от категории водоема величина БПК<sub>5</sub> регламентируется следующим образом: не более 3 мг О/дм<sup>3</sup> для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг О/дм<sup>3</sup> для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования.

Полная биологическая потребность в кислороде БПК<sub>полн.</sub> для внутренних водоемов рыбохозяйственного назначения (I и II категории) при 20°C не должна превышать 3 мг О/дм<sup>3</sup>; для морей (I и II категории рыбохозяйственного водопользования) пятисуточная потребность в кислороде (БПК<sub>5</sub>) при 20°C не должна превышать 2 мг О/дм<sup>3</sup>.

Определение БПК<sub>5</sub> в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. Необходимо использовать величины БПК<sub>5</sub> при контроле эффективности работы очистных сооружений.

### Кальций

Главными источниками поступления кальция в поверхностные воды являются процессы химического выветривания и растворения минералов, прежде всего известняков, доломитов, гипса, кальцийсодержащих силикатов и других осадочных и метаморфических пород.

Растворению способствуют микробиологические процессы разложения органических веществ, сопровождающиеся понижением рН.

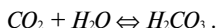
Большие количества кальция выносятся со сточными водами силикатной, металлургической, стекольной, химической промышленности и со стоками сельскохозяйственных угодий, особенно при использовании кальцийсодержащих минеральных удобрений.

В речных водах содержание кальция редко превышает 1 г  $\text{Ca}^{2+}$ /дм<sup>3</sup>. Обычно его концентрации значительно ниже.

Довольно жесткие требования к содержанию кальция предъявляются к водам, питающим паросиловые установки, поскольку в присутствии карбонатов, сульфатов и ряда других анионов кальция образует прочную накипь. Данные о содержании кальция в водах необходимы также при решении вопросов, связанных с формированием химического состава природных вод, их происхождением, а также при исследовании карбонатно-кальциевого равновесия.

### Углерод (диоксид и карбонаты)

Диоксид углерода содержится в воде в основном в виде растворенных молекул  $\text{CO}_2$  и лишь малая часть его (около 1%) при взаимодействии с водой образует угольную кислоту:



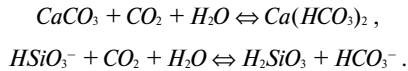
Диоксид углерода, гидрокарбонатные и карбонатные ионы являются основными компонентами карбонатной системы. В растворе между ними существует подвижное равновесие:



Соотношение между компонентами в значительной мере определяется величиной рН. При рН 4,5 и ниже из всех компонентов карбонатного равновесия в воде присутствует только свободная углекислота. В интервале рН=6–10 гидрокарбонатные ионы являются основной формой производных угольной кислоты (максимальное их содержание при рН=8,3–8,4). При рН более 10,5 главной формой существования угольной кислоты являются карбонатные ионы.

Главным источником поступления оксида углерода в природные воды являются процессы биохимического распада органических остатков, окисления органических веществ, дыхания водных организмов.

Одновременно с процессами поступления значительная часть диоксида углерода потребляется при фотосинтезе, а также расходуется на растворение карбонатов и химическое выветривание алюмосиликатов:

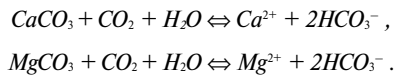


Уменьшение диоксида углерода в воде происходит также в результате его выделения в атмосферу.

*Концентрация диоксида углерода в природных водах колеблется от нескольких десятых долей до 3–4 мг/дм<sup>3</sup>, изредка достигая 10–20 мг/дм<sup>3</sup>.*

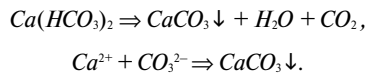
Обычно весной и летом содержание диоксида углерода в водоеме понижается, а в конце зимы достигает максимума. Диоксид углерода имеет исключительно важное значение для растительных организмов (как источник углерода). В то же время повышенные концентрации CO<sub>2</sub> угнетающе действуют на животные организмы. При высоких концентрациях CO<sub>2</sub> воды становятся агрессивными по отношению к металлам и бетону в результате образования растворимых гидрокарбонатов, нарушающих структуру этих материалов.

Основным источником гидрокарбонатных и карбонатных ионов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения карбонатных пород типа известняков, мергелей, доломитов, например:



Некоторая часть гидрокарбонатных ионов поступает с атмосферными осадками и грунтовыми водами. Гидрокарбонатные и карбонатные ионы выносятся в водоемы со сточными водами предприятий химической, силикатной, содовой промышленности и т.д.

По мере накопления гидрокарбонатных и особенно карбонатных ионов может выпадать осадок:



*В речных водах содержание гидрокарбонатных и карбонатных ионов колеблется от 30 до 400 мг HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/дм<sup>3</sup>, в озерах — от 1 до 500 мг HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/дм<sup>3</sup>.*

## 5.2. Соединения азота (ионы аммония, нитриты, нитраты)

В природных и сточных водах азот выступает в четырех основных формах: в виде иона аммония NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, нитрит-ионов NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, нитрат-ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и в составе органических соединений.

Повышение концентрации ионов аммония и нитритов обычно указывает на свежее загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов — на загрязнение в предшествующее время. Все формы азота, включая и газообразную, способны к взаимным превращениям.



Содержание **ионов аммония** в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано главным образом с процессами биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности. В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм<sup>3</sup> аммония, в бытовых стоках — 2–7 мг/дм<sup>3</sup>; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г аммонийного азота (в расчете на одного жителя).

Предельно допустимая концентрация в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>в</sub>) установлена в размере 2 мг/дм<sup>3</sup> по азоту или 2,6 мг/дм<sup>3</sup> в виде иона NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).

Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм<sup>3</sup> снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Признаки интоксикации — возбуждение, судороги, рыба мечется по воде и выпрыгивает на поверхность. Механизм токсического действия — возбуждение центральной нервной системы, поражение жаберного эпителия, гемолиз (разрыв) эритроцитов. Токсичность аммония возрастает с повышением рН среды. При переходе от олиготрофных к мезо- и эвтрофным водоемам возрастают как абсолютная концентрация ионов аммония, так и их доля в общем балансе связанного азота.

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесс загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

В незагрязненных поверхностных водах концентрация нитрат-ионов не превышает величины порядка десятков микрограммов в литре (в пересчете на азот). С нарастанием эвтрофикации абсолютная концентрация нитратного азота и его доля в сумме минерального азота возрастают.

Значения предельно допустимых концентраций нитратов для овощей и фруктов, мг/кг [87]

Культура	ПДК <sub>фр.</sub>
Листовые овощи	250
Перец сладкий	900
Кабачки	250
Дыни	150
Арбузы	150
Виноград столовый	1400

Культура	ПДК <sub>вр</sub>
Яблоки	80
Груши	600
Картофель	2000
Капуста ранняя	200
Морковь	400
Томаты	90
Огурцы	60
Свекла столовая	60
Лук репчатый	60
Лук перо	60

Предельно допустимая концентрация в воде водоемов (ПДК<sub>в</sub>) установлена в размере 10 мг/дм<sup>3</sup> по азоту или 45 мг/дм<sup>3</sup> в виде иона NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический). В требованиях к составу воды хозяйственно-питьевого назначения также указан норматив, соответствующий 10 мг/дм<sup>3</sup> по азоту или 45 мг/дм<sup>3</sup> в виде иона NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (тождественно равен стандарту США для питьевой воды).

**Нитрит-ионы (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)** представляют собой промежуточную ступень в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов и, напротив, восстановления нитратов до азота и аммиака. Подобные окислительно-восстановительные реакции характерны для станций аэрации, систем водоснабжения и собственно природных вод. Кроме того, нитриты используются в качестве ингибиторов коррозии в процессах водоподготовки технологической воды и поэтому могут попасть и в системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Широко известно также применение нитритов для консервирования пищевых продуктов. Концентрация нитритов в поверхностных водах составляет сотые (иногда даже тысячные) доли миллиграмма в литре; в подземных водах концентрация нитритов обычно выше, особенно в верхних водоносных горизонтах (сотые, десятые доли миллиграмма в литре).

В воздействии на человека различают первичную токсичность собственно нитрат-иона; вторичную, связанную с образованием нитрит-иона, и третичную, обусловленную образованием из нитритов и аминов нитрозаминов. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8–15 г; допустимое суточное потребление по рекомендациям ФАО/ВОЗ — 5 мг/кг массы тела.

Предельно допустимая концентрация нитритов в воде водоемов (ПДК<sub>в</sub>) установлена в размере 3,3 мг/дм<sup>3</sup> в виде иона NO<sub>2</sub><sup>-</sup> или 1 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на азот нитритов. Показатель вредности — санитарно-токсикологический.

При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих значительные количества нитратов (от 25 до 100 мг/дм<sup>3</sup> по азоту), резко возрастает концентрация метгемоглобина в крови. Крайне тяжело протекают метгемоглобинемии у грудных детей (прежде всего, искусственно вскарммливаемых молочными смесями, приготовленными на воде с повышен-

ным — порядка 200 мг/дм<sup>3</sup> — содержанием нитратов) и у людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Особенно опасны грунтовые воды и питаемые ими колодцы, поскольку в открытых водоемах нитраты частично потребляются водными растениями.

Присутствие нитрата аммония в концентрациях порядка 2 мг/дм<sup>3</sup> не вызывает нарушения биохимических процессов в водоеме; подпороговая концентрация этого вещества, не влияющая на санитарный режим водоема, 10 мг/дм<sup>3</sup>. Повреждающие концентрации соединений азота (в первую очередь, аммония) для различных видов рыб составляют величины порядка сотен миллиграммов в литре воды.

Наряду с описанными эффектами воздействия немаловажную роль играет тот факт, что азот — это один из первостепенных биогенных (необходимых для жизни) элементов. Именно этим обусловлено применение соединений азота в качестве удобрений, но, с другой стороны, с этим связан вклад вынесенного с сельскохозяйственных земель азота в развитие процессов эвтрофикации (неконтролируемого роста биомассы) водоемов. Так, с одного гектара орошаемых земель выносится в водные системы 8-10 килограммов азота.

В соответствии с требованиями глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды (ГСМОС) нитрит- и нитрат-ионы входят в программы обязательных наблюдений за составом питьевой воды и являются важными показателями степени загрязнения и трофического статуса природных водоемов.

### 5.3. Соединения фосфора

В природных водах фосфор присутствует в виде минеральных и органических соединений, причем последние — в растворенном и коллоидном состояниях. Кроме того, фосфор содержится в воде во взвешенных веществах также минерального (апатиты, фосфориты и др.) и органического (остатки живых организмов) происхождения. Основной формой неорганического фосфора при значениях pH водоема больше 6,5 является ион  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Так же, как и для азота, обмен фосфором между его минеральными и органическими формами с одной стороны, и живыми организмами — с другой, является основным фактором, определяющим его концентрацию.

Концентрация фосфатов в природных водах обычно очень мала — сотые, редко десятые доли миллиграммов фосфора в литре. Подземные воды содержат обычно не более 100 мкг/дм<sup>3</sup> фосфатов; исключение составляют воды в районах залегания фосфорсодержащих пород. В водные объекты соединения фосфора могут поступать в виде орто-, мета-, пиро- и полифосфат-ионов (удобрения, синтетические моющие средства, добавки, предупреждающие образование накипи в котлах и т.п.), а также в виде разнообразных фосфорсодержащих органических соединений (включая пестициды).

## Формы фосфора в природных водах

Химические формы P	Общий	Фильтруемый (растворенный)	Частицы
Общий	Общий растворенный и взвешенный фосфор	Общий растворенный фосфор	Общий фосфор в частицах
Ортофосфаты	Общий растворенный и взвешенный фосфор	Растворенные ортофосфаты	Ортофосфаты в частицах
Гидролизир-уемые кислотой фосфаты	Общие растворенные и взвешенные гидролизуемые кислотой фосфаты	Растворенные гидролизуемые кислотой фосфаты	Гидролизир-уемые кислотой фосфаты в частицах
Органический фосфор	Общий растворенный и взвешенный органический фосфор	Растворенный органический фосфор	Органический фосфор в частицах

Общее токсическое действие солей фосфорной кислоты возможно лишь при весьма высоких дозах и чаще всего обусловлено примесями фтора.

Установленное допустимое остаточное количество полифосфатов в воде хозяйственно-питьевого назначения составляет 3,5 мг/дм<sup>3</sup> (лимитирующий показатель вредности — органолептический). В методике оценки экологической ситуации, принятой Минэкологии РФ, рекомендован норматив содержания растворимых фосфатов в воде — 50 мкг/дм<sup>3</sup>.

Фосфор — важнейший биогенный элемент, чаще всего лимитирующий развитие продуктивности водоемов. Поэтому поступление избытка соединений фосфора с водосбора (в виде минеральных удобрений с поверхностным стоком с полей (с гектара орошаемых земель выносятся 0,4–0,6 кг фосфора), со стоками с ферм (0,01–0,05 кг/сут. на одно животное), с недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами (0,003–0,006 кг/сут. на одного жителя), а также с некоторыми производственными отходами приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта (это особенно характерно для непроточных и малопроточных водоемов). Происходит так называемое изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов (и, соответственно, возрастанию мутности, солёности, концентрации бактерий).

Один из вероятных аспектов процесса эвтрофикации — рост сине-зеленых водорослей (цианобактерий), многие из которых токсичны. Выделяемые этими организмами вещества относятся к группе фосфор- и серосодержащих органических соединений (нервно-паралитических ядов). Действие токсинов сине-зеленых водорослей может проявляться в возникновении дерматозов, желудочно-кишечных заболеваний; в особенно тяжелых случаях — при по-

ступлении большой массы водорослей внутрь организма может развиваться паралич.

Избыточное содержание фосфатов воде, особенно в грунтовой, может быть отражением присутствия в водном объекте примесей удобрений, компонентов хозяйственно-бытовых сточных вод, разлагающейся биомассы. В соответствии с требованиями глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды (ГСМОС/GEMS) в программы обязательных наблюдений за составом природных вод включено определение содержания общего фосфора (растворенного и взвешенного, в виде органических и минеральных соединений). Фосфор является важнейшим показателем трофического статуса природных водоемов.

Без предварительной подготовки проб колориметрически определяются неорганические растворенные и взвешенные фосфаты.

## 5.4. Соединения серы (сероводород, сульфиды и сульфаты)

Обычно в водах **сероводород** не содержится или же присутствует в незначительных количествах в придонных слоях, главным образом в зимний период, когда затруднена аэрация и ветровое перемешивание водных масс. Иногда сероводород появляется в заметных количествах в придонных слоях водоемов и в летнее время в периоды интенсивного биохимического окисления органических веществ. Наличие сероводорода в водах служит показателем сильного загрязнения водоема органическими веществами.

Главным источником сероводорода и сульфидов в поверхностных водах являются восстановительные процессы, протекающие при бактериальном разложении и биохимическом окислении органических веществ естественного происхождения и веществ, поступающих в водоем со сточными водами (хозяйственно-бытовыми, предприятий пищевой, металлургической, химической промышленности, производства сульфатной целлюлозы и др.). Особенно интенсивно процессы восстановления происходят в подземных водах и придонных слоях водоемов в условиях слабого перемешивания и дефицита кислорода. Значительные количества сероводорода и сульфидов могут поступать со сточными водами нефтеперерабатывающих заводов, с городскими сточными водами, водами производств минеральных удобрений.

Концентрация сероводорода в водах быстро уменьшается за счет окисления кислородом, растворенным в воде, и микробактериологических процессов (тионовыми, бесцветными и окрашенными серными бактериями).

В процессе окисления сероводорода образуются сера и сульфаты. Интенсивность процессов окисления сероводорода может достигать 0,5 г  $\text{H}_2\text{S}$  на литр в сутки.

Причиной ограничения концентраций в воде является высокая токсичность сероводорода, а также неприятный запах, который резко ухудшает ор-

ганолептические свойства воды, делая ее непригодной для питьевого водоснабжения и других технических и хозяйственных целей. Появление сероводорода в придонных слоях служит признаком острого дефицита кислорода и развития заморных явлений.

Для водоемов санитарно-бытового и рыбохозяйственного пользования наличие сероводорода и сульфидов недопустимо (**ПДК — полное отсутствие**).

**Сульфаты** присутствуют практически во всех поверхностных водах. Сульфат-ион является одним из самых распространенных анионов.

Главным источником сульфатов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса, а также окисления сульфидов и серы. Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания организмов и окисления веществ растительного и животного происхождения, а также с подземным стоком.

В больших количествах сульфаты содержатся в шахтных водах и в промышленных стоках производств, в которых используется серная кислота, например окисление пирита.

Ионная форма  $\text{SO}_4^{2-}$  характерна только для маломинерализованных вод. При увеличении минерализации сульфатные ионы склонны к образованию устойчивых ассоциированных нейтральных пар типа  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ . Содержание сульфатных ионов в растворе ограничивается сравнительно малой растворимостью сульфата кальция. При низких концентрациях кальция, а также в присутствии посторонних солей концентрация сульфатов может значительно повышаться.

*Концентрация сульфата в природной воде лежит в широких пределах. В речных водах и в водах пресных озер содержание сульфатов часто колеблется от 5-10 до 60 мг/дм<sup>3</sup>, в дождевых водах — от 1 до 10 мг/дм<sup>3</sup>. В подземных водах содержание сульфатов нередко достигает значительно больших величин. Концентрация сульфатов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям и обычно коррелирует с изменением общей минерализации воды.*

Повышенные содержания сульфатов ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека. Поскольку сульфат обладает слабительными свойствами, его предельно допустимая концентрация строго регламентируется нормативными актами. Концентрация сульфатов в водах, используемых в целях водоснабжения, ограничена 100 мг/дм<sup>3</sup>. Весьма жесткие требования по содержанию сульфатов предъявляются к водам, питающим паросиловые установки, поскольку в присутствии кальция сульфаты образуют прочную накипь. Вкусовой порог сульфата магния лежит в пределах от 400 до 600 мг/дм<sup>3</sup>, для сульфата кальция — от 250 до 800 мг/дм<sup>3</sup>. Наличие сульфата в промышленной и питьевой воде может быть как полезным, так и вредным.

Не замечено, чтобы сульфат в питьевой воде влиял на процессы коррозии, но если используются свинцовые трубы, то концентрация сульфатов выше 200 мг/дм<sup>3</sup> может привести к вымыванию в воду свинца.

## 5.5. Нефтепродукты

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Нефть и продукты ее переработки представляют собой чрезвычайно сложную, непостоянную и разнообразную смесь веществ (низко- и высокомолекулярные предельные, непредельные алифатические, нафтеновые, ароматические углеводороды, кислородные, азотистые, сернистые соединения, а также ненасыщенные гетероциклические соединения типа смол, асфальтенов, ангидридов, асфальтеновых кислот). Понятие «нефтепродуктов» условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические, алициклические углеводороды).

Большие количества нефтепродуктов поступают в поверхностные воды при перевозке нефти водным путем, со сточными водами предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности, с хозяйственно-бытовыми водами. Некоторые количества углеводородов поступают в воду в результате процессов жизнедеятельности растительных и животных организмов, а также как продукт разложения органических остатков.

В результате протекающих в водоеме процессов испарения, сорбции, биохимического и химического окисления концентрация нефтепродуктов может существенно снижаться, при этом значительным изменениям может подвергаться их химический состав. Наиболее устойчивы ароматические углеводороды, наименее — *n*-алканы.

Нефтепродукты находятся в различных миграционных формах, растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности. Обычно в момент поступления масса нефтепродуктов сосредоточена в пленке.

Содержание нефтепродуктов в речных, озерных, морских, подземных водах и атмосферных осадках колеблется в довольно широких пределах и обычно составляет сотые и десятые доли миллиграмма на литр. *В незагрязненных нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводородов может колебаться в морских водах от 0,01 до 0,100 мг/дм<sup>3</sup> и выше, в речных и озерных водах — от 0,01 до 0,200 мг/дм<sup>3</sup>, иногда достигая 1-1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание естественных углеводородов определяется трофическим статусом водоема и в значительной мере зависит от биологической ситуации в водоеме.*

Неблагоприятное воздействие нефтепродуктов сказывается различными способами на организме человека, животном мире, водной растительности, физическом, химическом и биологическом состоянии водоема. Входящие в состав нефтепродуктов низкомолекулярные алифатические, нафтеновые и особенно ароматические углеводороды оказывают токсическое и в некоторой степени наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы. Наибольшую опасность представляют полициклические конденсированные углеводороды типа 3,4-бенз[а]пирена, обладающие канце-

рогенными свойствами. Нефтепродукты обволакивают оперение птиц, поверхность тела и органы других гидробионтов, вызывая заболевания и гибель.

**Предельно допустимая концентрация** нефтепродуктов в водоемах общесанитарного пользования равна  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , в рыбохозяйственных водоемах —  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ . Присутствие канцерогенных углеводов в воде недопустимо.

Отрицательное влияние нефтепродуктов, особенно пленочных, в концентрациях  $0,001\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$  сказывается и на развитии высшей водной растительности и микрофитов.

В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, рН среды, ухудшается газообмен с атмосферой.

## 5.6. Фенолы

Фенолы — производные бензола с одной или несколькими гидроксильными группами. Их принято делить на две группы — **летучие с паром фенолы** (фенол, крезолы, ксиленолы, гваякол, тимол) и **нелетучие фенолы** (резорцин, пирокатехин, гидрохинон, пирогаллол и другие многоатомные фенолы).

Фенолы в естественных условиях образуются в процессах метаболизма водных организмов, при биохимическом распаде и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях.

Фенолы являются одним из наиболее распространенных загрязнений, поступающих в поверхностные воды со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, сланцеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилиноокрасочной промышленности и др. В сточных водах этих предприятий содержание фенолов может превосходить  $10\text{--}20 \text{ г/дм}^3$  при весьма разнообразных сочетаниях.

В поверхностных водах фенолы могут находиться в растворенном состоянии в виде фенолятов, фенолят-ионов и свободных фенолов. Фенолы в водах могут вступать в реакции конденсации и полимеризации, образуя сложные гумусоподобные и другие довольно устойчивые соединения. В условиях природных водоемов процессы адсорбции фенолов донными отложениями и взвесями играют незначительную роль.

*В незагрязненных или слабозагрязненных речных водах содержание фенолов обычно не превышает  $20 \text{ мкг/дм}^3$ .*

Превышение естественного фона может служить указанием на загрязнение водоемов. В загрязненных фенолами природных водах содержание их может достигать десятков и даже сотен микрограммов в литре. Фенолы — соединения нестойкие и подвергаются биохимическому и химическому окислению.

Одноатомные фенолы подвержены главным образом биохимическому окислению. При концентрации более  $1 \text{ мг/дм}^3$  разрушение фенолов протекает достаточно быстро, убыль фенолов составляет  $50\text{--}75\%$  за трое суток, при концентрации несколько десятков микрограммов в литре этот процесс замедляется, и убыль за то же время составляет  $10\text{--}15\%$ . Быстрее всех разруша-



ется собственно фенол, медленнее крезолы, еще медленнее ксиленолы. Многоатомные фенолы разрушаются в основном путем химического окисления.

Концентрация фенолов в поверхностных водах подвержена сезонным изменениям. В летний период содержание фенолов падает (с ростом температуры увеличивается скорость распада).

Спуск в водоемы и водотоки фенольных вод резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей ядовитостью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов (кислорода, углекислого газа).

В токсикологическом и органолептическом отношении фенолы неравноценны. Летучие с паром фенолы более токсичны и обладают более интенсивным запахом при хлорировании. *Установлены 2 норматива для суммы летучих фенолов: 0,001 мг/дм<sup>3</sup> — ПДК для воды водоемов хозяйственно-питьевого водопользования при условии применения хлора для обеззараживания питьевой воды или при определении условий сброса сточных вод, подвергающихся обеззараживанию хлором.*

Лимитирующий показатель вредности органолептический — образование хлорфенольных запахов при хлорировании воды (наиболее резкие запахи дают простой фенол и крезолы); *0,1 мг/дм<sup>3</sup> — предельно допустимая концентрация для остальных участков водоемов, лимитирующий показатель вредности — органолептический.*

## 5.7. Соединения фтора

Фтор относится к микроэлементам. В речные воды фтор поступает из пород и почв при разрушении фторсодержащих минералов с почво-грунтовыми водами и при непосредственном смыве поверхностными водами. Источником фтора также служат атмосферные осадки.

В природных водах фтор находится в виде фтор-иона  $F^-$  и комплексных ионов  $[AlF_6]^{3-}$ ,  $[FeF_4]^-$ ,  $[FeF_5]^{2-}$ ,  $[FeF_6]^{3-}$ ,  $[CrF_6]^{3-}$ ,  $[TiF_6]^{2-}$  и др.

Миграционная способность фтора в природных водах в значительной степени зависит от содержания в них ионов кальция, дающих с ионами фтора малорастворимое соединение. Большую роль играет режим углекислоты, которая растворяет карбонат кальция, переводя его в гидрокарбонат. Щелочной характер среды способствует увеличению подвижности фтора.

*Содержание фтора в речных водах колеблется от 0,05 до 1,9 мг/дм<sup>3</sup>, атмосферных осадках — от 0,05 до 0,54 мг/дм<sup>3</sup>, подземных водах — от 0,3 до 4,6 мг/дм<sup>3</sup>, иногда достигая насыщения по отношению к  $CaF_2$ . В термальных водах концентрация фтора достигает в отдельных случаях 10 мг/дм<sup>3</sup>, в океанах фтора содержится приблизительно 1,3 мг/дм<sup>3</sup>. Внутригодовые колебания концентрации фтора в речных водах невелики (обычно не более, чем в 2 раза). Фтор поступает в реки преимущественно с грунтовыми водами. Содержание фтора в паводковый период всегда ниже, чем в меженный, так как понижается доля грунтового питания.*

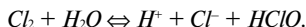
Повышенное содержание фтора может быть в некоторых сточных водах предприятий стекольной и химической промышленности, в некоторых видах шахтных вод и в сточных водах рудообогатительных фабрик.

Повышенные количества фтора оказывают вредное действие на людей и животных, вызывая костное заболевание (флюороз). Содержание фтора в питьевой воде лимитируется. Предельно допустимая концентрация фтора в питьевой воде равна 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Однако очень низкое содержание фтора также вредно сказывается на здоровье, вызывая опасность заболевания кариесом зубов.

## 5.8. Хлор

Хлор, присутствующий в воде в виде хлорноватистой кислоты или иона гипохлорита, принято называть **свободным хлором**. Хлор, существующий в виде хлораминов (моно- и ди-), а также в виде треххлористого азота, называют **связанным хлором**. **Общий хлор** — это сумма свободного и связанного хлора.

Свободный хлор достаточно часто применяют для дезинфекции питьевой и сточной воды. В промышленности хлор используют при отбеливании в бумажном производстве, производстве ваты, для уничтожения паразитов в холодильных установках и т.д. При растворении хлора в воде образуются соляная и хлорноватистая кислоты:



В зависимости от условий, таких как pH, температура, количество органических примесей и аммонийного азота, хлор может присутствовать и в других формах, включая ион гипохлорита (**OCl<sup>-</sup>**) и хлорамины.

*Активный хлор должен отсутствовать в воде водоемов, лимитирующий показатель вредности — общесанитарный.*

В речных водах и водах пресных озер содержание **хлоридов** колеблется от долей миллиграмма до десятков, сотен, а иногда и тысяч миллиграммов на литр. В морских и подземных водах содержание хлоридов значительно выше — вплоть до пересыщенных растворов и рассолов.

Хлориды являются преобладающим анионом в высокоминерализованных водах. Концентрация хлоридов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям, коррелирующим с изменением общей минерализации воды.

Первичными источниками хлоридов являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (содалит, хлорapatит и др.), соленосные отложения, в основном галит. Значительные количества хлоридов поступают в воду в результате обмена с океаном через атмосферу, взаимодействия атмосферных осадков с почвами, особенно засоленными, а также при вулканических выбросах. Возрастающее значение приобретают промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды.

В отличие от сульфатных и карбонатных ионов, хлориды не склонны к образованию ассоциированных ионных пар. Из всех анионов хлориды обладают наибольшей миграционной способностью, что объясняется их хорошей растворимостью, слабо выраженной способностью к сорбции на взвесьях и потреблением водными организмами.

Повышенные содержания хлоридов ухудшают вкусовые качества воды и делают ее малопригодной для питьевого водоснабжения и ограничивают применение для многих технических и хозяйственных целей, а также для орошения сельскохозяйственных угодий. Если в питьевой воде есть ионы натрия, то концентрация хлорида выше 250 мг/дм<sup>3</sup> придает воде соленый вкус. Концентрации хлоридов и их колебания, в том числе суточные, могут служить одним из критериев загрязненности водоема хозяйственно-бытовыми стоками.

Нет данных о том, что высокие концентрации хлоридов оказывают вредное влияние на человека. **Предельная концентрация хлоридов для питьевой воды (300 мг/дм<sup>3</sup>) установлена исходя из вкусовых ощущений.**

## Литература

1. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеоиздат, 1984. — 560 с.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды. Опубликовано в «Российской газете» от 12 января 2001 г., № 6 (2874).
- 2а. Постановление Совета Министров – Правительства РФ от 24 ноября 1993 г. № 1229 «О создании Единой государственной системы экологического мониторинга» (Собрание актов Президента и Правительства РФ, 1993, № 48, ст.4661)
3. Оценка регулирования качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога / Под ред. А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. — М.: НУМЦ Минприроды России, Издательский дом «Прибой», 1996. — 350 с.
4. Указ Президента от 17 мая 2000 г. № 867 «О структуре федеральных органов исполнительной власти» [<http://president.kremlin.ru>]
5. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Российской Федерации в 2001 году» [<http://www.mnr.gov.ru/part/?pid=151>]
- 5а. Постановление Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177 «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)».
6. ГОСТ 17.2.3.07-86. Правила контроля воздуха населенных пунктов // Охрана природы. Атмосфера / Сборник. Государственные стандарты. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
7. РД 52.04.186-89. // Руководство по контролю атмосферного воздуха. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991.
8. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков // Охрана природы. Гидросфера / Сборник. Государственные стандарты. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
9. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа // Охрана природы. Почвы / Сборник. Государственные стандарты. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.

10. ГОСТ Р ИСО 14001-98. Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
- 10а. Федеральный закон Российской Федерации «Об основах технического регулирования в РФ» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ.
11. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. — 103 с.
12. СанПин 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003.
13. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения // Охраны природы. Почвы / Сборник. Государственные стандарты. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
14. Природоохраненные нормы и правила проектирования: Справочник / Сост.: Ю.Л. Максименко, В.А. Глухарев. — М.: Стройиздат, 1990. — 527 с.
15. Радиация. Дозы, эффекты, риск / Пер. с англ. Ю.А. Банникова. — М., 1990. — 79 с.
16. Популярная медицинская энциклопедия / Под ред. Б.В. Петровского. — М.: Советская энциклопедия. 1988. — 513 с.
17. Основы общей промышленной токсикологии: Руководство / Под ред. Н.А. Толоконцева и В.А. Филова. — Л.: Медицина, 1976. — т. 1, 2, 3.
18. Беспямятнов Г. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. — Л.: Химия, 1985. — 528 с.
19. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 декабря 1996 г. № 1504 «О порядке разработки и утверждения нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты».
20. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты. Утверждены Минприроды РФ 26 февраля 1999 г. [[http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow\\_DocumID\\_10585.html](http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_10585.html)]

21. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения // Охрана природы. Атмосфера / Сборник. Государственные стандарты. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. [<http://www.ecogid.ru/index.php?50000035>]
22. Экологический атлас г. Сургута. [<http://priroda.admsurgut.ru>]
23. Обзор «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 2000 г.» [[http://www.admhmao.ru/committee/upr\\_prsr/Sayt/new.htm](http://www.admhmao.ru/committee/upr_prsr/Sayt/new.htm)]
24. Доклад «Социально-экономическое положение Новосибирской области» (Новосибирский областной комитет государственной статистики). [<http://comstat.nso.ru>]
25. ГОСТ 17.1.1.01-77. (СТ СЭВ 3544-82). Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения // Охрана природы. Гидросфера / Сборник. Государственные стандарты. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. [<http://www.doc.softkompas.ru/20/3594.html>]
- 25а. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды и водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Утвержден приказом Госкомрыболовства России от 28 апреля 1999 года № 96.
26. Емельянова В.П. Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям/Гидрологические материалы, т.88. — 1983.
- 26а. Комплексные оценки качества поверхностных вод / Под ред. Никанорова А.М. — Л.: Гидрометеоздат, 1984. — 139 с.
27. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. — Л.: Гидрометеоздат, 1983. — 239 с.
28. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч.3. Методы биологического анализа вод. — М.: Изд-во СЭВ, 1977.
29. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.
30. Методические указания МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Утв. 07.02.99
31. Химический состав российских продуктов питания / Под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. — М.: ДеЛи Принт, 2002. — 236 с.

32. Толковый словарь по охране природы / Под ред. д-ра биол. наук В. В. Снакина. — М.: Экология, 1995. — 191 с.
33. Водный кодекс Российской Федерации от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ (с изм. и доп. от 30 декабря 2001 г.) [<http://www.garant.ru/main/10008700-000.htm>]
34. Федеральный Закон «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. — Российская газета, № 9, 17.01.96; Собрание законодательства РФ, № 3, 15.01.96.
35. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). — М.: Минздрав России. — 1999. [<http://www.atomsafe.ru/Nrb99/Content.htm>]
36. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 304 с.
37. Нормы радиационной безопасности НРБ — 76/87 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП — 72/87 / Министерство здравоохранения СССР, 3-е изд., — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 165 с.
38. Гофман Д. Чернобыльская авария: Радиационные последствия для настоящего и будущих поколений / Пер. с англ. Э.И. Волмянского, О.А. Волмянской. — Мн.: Высшая школа, 1994. — 547 с., ил.
39. Гофман Д. Рак, вызываемый облучением в малых дозах: независимый анализ проблемы / Пер. с англ. под ред. Е.Б. Бурлаковой, В.Н. Лысцова. — М.: Социально-экологический союз, 1994. — Т 1, 2.
40. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Пределы годового поступления радионуклидов в организм работающих, основанные на рекомендациях 1990 года. — М.: Энергоатомиздат, 1994. — 191 с.
41. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 г. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 208 с.
42. Метаболизм плутония и других актиноидов. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 161 с.
43. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Москвы за 2000-2001 годы. — М.: Изд-во НИИПИ экологии города, 2002.
44. «Вестник АсЭко». Журнал.
45. Каспийская программа ИСАР: 1999 г. — М.: ИСАР, 2000. — 108 с.
46. Рыжов И.Н., Ягодин Г.А. Школьный экологический мониторинг городской среды. — М.: Изд-во «Галактика», 2000.

47. Воробьев Г.А. Исследуем малые реки. — Вологда: ВГПИ, Изд-во «Русь», 1997.
48. Воробьев Г.А. Изучаем водоемы: как исследовать озера и пруды. — Вологда: ВГПИ, Изд-во «Русь», 1994.
49. Заика Е.А., Молчанова Я.П., Серенькая Е.П. Рекомендации по организации полевых исследований состояния малых водных объектов с участием детей и подростков / Под ред. Е.В. Веницианова. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. — 100 с. [<http://www.ecoline.ru/wateroflife/books/monitor/>]
50. Социальная реабилитация детей и подростков с трудной судьбой посредством их вовлечения в общественно значимую природоохранную деятельность. Сост. Е.В. Веницианов, Е.А. Заика./ Под ред. Е.В. Веницианова. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. — 120 с. [<http://www.eco-projects.ru/seps/docs/seps113/soc/>]
- 50а. Как помочь родной природе. Автор-сост. Е.А. Заика./ Под ред. Е.В. Веницианова. — М.: Эколайн, 2003. [<http://www.eco-projects.ru/seps/docs/seps113/help/>]
51. ISO 14031. Environmental management — Environmental performance evaluation — Guidelines.
- 51а. ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования.
52. Определитель основных групп пресноводных беспозвоночных. — АсЭКО, 2002.
53. Асланиди К.Б., Вачадзе Д.М. Биомониторинг? Это очень просто. — Пушкино: Пушкинский научный центр РАН, 1996.
54. Муравьев А.Г., Карьев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство / Под ред. А.Г. Муравьева. — СПб.: «Крисмас+», 2-е изд., перераб. и дополн., 2000. — 164 с.
55. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. — М.: Химия, 1996. — 319 с.
56. Электроэнергетика и природа (экологические проблемы развития энергетики) / Под ред. Г. Н. Лялика, А. Ш. Резниковского. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 352 с.
57. Перегуд Е. А., Горелик Д. О. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы. — Л.: Химия, 1981.



- 57а. Как организовать общественный экологический мониторинг: Руководство для общественных организаций / Т.В. Гусева и др.; Под ред. М.В. Хотулевой. — М.: СоЭС, 1998. — 256 с. [<http://www.ecoline.ru/mc/books/monitor/index.html>]
58. Дуриков А. П. Радиоактивное загрязнение и его оценка. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 144 с.
59. Нестеренко В.Б. Радиационный мониторинг продуктов питания сельских жителей, новые концепции конструкции полной дозы и каталога измеренных доз облучения жителей Чернобыльской зоны Белорусии. Серия: Чернобыльская катастрофа. Информационный бюллетень № 3. — Мн.: Право и экономика, 1996. — 91 с.
60. Экологическая информация и принципы работы с ней / Т.В. Гусева и др.; Под ред. В.Н. Виниченко. — М.: СоЭС, 1998. — 244 с. [<http://www.ecoline.ru/mc/books/infobook/>]
61. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Ефимова Н.С. Подготовка экологических информационных материалов для особо охраняемых природных территорий силами учащихся. Рекомендации для педагогов, руководителей кружков, студентов педагогических отделений вузов: Учебное пособие / РХТУ им. Д.И.Менделеева, Эколайн. — М., 2003. — 84 с.
62. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.
63. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. — Л., Гидрометеоиздат, 1985.
64. Унифицированные методики анализа вод /под ред. Ю.Ю.Лурье — М.: Химия, 1973.
65. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. — М.: Химия, 1984
66. Новиков Ю.Ю., Ласточкина К.С., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. — М.: Медицина, 1990.
67. Государственный контроль качества воды — 2003. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003.
68. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во «Протектор», 2000. — 848 с.
69. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. — М.: Изд-во «Протектор», 2001. — 304 с.

70. Фомин Г.С., Фомина О.Н. Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам. Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во «Протектор», 2002. — 432 с.
71. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. Т. 1, 2. — М.: Химия, 1990. — 846 с.
72. Дмитриев М.Т. и др. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. — М.: Химия, 1989.
73. Дерфель К. Статистика в аналитической химии. — М.: Мир, 1994.
74. Гордон А., Форд Р. Спутник химика / Справочник. — М.: Мир, 1976.
75. Что делать со сточными водами? / Составитель С.П. Погудина. — М.: Стройиздат, 1995. — 120 с.
76. Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога / Никитин Д.П., Новиков Ю.В., Рошин А.В. и др.; Под ред. Д.П. Никитина, А.И. Заиченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1990. — 512 с.
77. Engel H.-W. Eco-mapping: A visual, simple and practical tool to analyse and manage the environmental performance of small companies and craft industries. — INEM, 1998.  
[ftp://ftp.inem.org/pub/eco-mapping.pdf]
78. Дайман С.Ю. Развитие методологии экологического аудита промышленных предприятий: Автореф. дисс. ... кандидата техн. наук. — М., ГУЗ, 2000.
79. Гусева Т.В., Дайман С.Ю. Особенности оценки экологической обстановки на промышленной площадке и в импактной зоне промышленного объекта: Тез. докл.: Экологические проблемы промышленных регионов. Екатеринбург, 7-9 июня 1999 г. — Екатеринбург, 1999. — С. 111.
80. Макаров С.В., Шагарова Л.Б. Экологическое аудирование промышленных производств / Под ред. проф. А.Ф. Порядина. — М.: НУМЦ Госкомэкологии России, 1997. — 144 с.
81. Химическая технология стекла и ситаллов/ Под ред. П.С. Павлушкина. — М.: Стройиздат, 1983. — 525 с.
82. Чехов О.С., Назаров В.И., Калыгин В.Г. Вопросы экологии в стекольном производстве. — М.: Легпромстройиздат, 1990. — 216 с.
83. Alloway В.Ј., Ayres D.C. Chemical Principles of Environmental Pollution. — Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1994. — 216 p.
84. Химия окружающей среды / Под ред. Дж.О.М. Бокриса. — Пер. с англ. под ред. А.П. Цыганкова. — М.: Химия, 1982. — 672 с.

85. Енгелфрид Ю. и др. Как защитить себя от опасных веществ в быту. — МГУ, 1994.
86. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series No.23. — Copenhagen: WHO, Regional Office for Europe, 1987. — 425 p.
87. Беляев М.П. Справочник предельно допустимых концентраций вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания. — М.: Госсанэпиднадзор, 1993. — 141 с.
88. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества охраны атмосферного воздуха населенных мест.
89. ГН 2.1.6.695-98. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». — Утв. 25.04.98
90. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей природной среды. — М.: Искусство, 1991. — 370 с.
91. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберга. — М.: Мир, 1988. — 350 с, ил.
92. Горелик Д.О., Конопелько Л.А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. Аэроаналитические измерения. — М.: Изд-во стандартов, 1992. — 432 с.
93. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / Под ред. Л.К. Исаева. — СПб, Эколого-аналитический информационный центр «Союз», 1998. — 896 с.
94. Наблюдения за развитием природы Москвы / Под ред. А.А. Минина. — М.: Изд-во ООО НПЭЦ «Пасьва», 2002. — 240 с.
95. Куликов С.М. Приоритетные токсиканты в питьевой воде: стандарты на содержание, анализ, удаление. — Сиб. хим. ж., вып. 6, 1992. — 111 с.
96. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания. — М.: Госстрой России, 1997.
97. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справ. изд. / А. Л. Бандман, Г. А. Гудзовский, Л.С. Дубейковская и др. / Под ред. В.А. Филова и др. — Л.: Химия, 1988. — 512 с.
98. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л. К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. Пособие для хим., хим.-технол. и биол. спец вузов. — М.: Высш. шк., 1998. — 287 с.

99. Политехнический словарь / Под ред. А.Ю. Ишлинского. — М.: Советская энциклопедия, 1989. — 392 с.
100. Физико-химические методы анализа / Под ред. В.Б. Алесковско-го. — Л.: Химия, 1988. — 376 с.
101. Буйташ П., Кузьмин Н.М., Лейстер Л. Обеспечение качества результатов химического анализа. — М.: Наука, 1993. — 167 с.
102. Данилова Ю.А., Ляндзберг А.Р., Муравьев А.Г. Биоиндикация состояния пресного водоема (иллюстрированная методика). Учебно-методическое издание. — СПб, «Крисмас+», 1999.
103. Лужников Е.А. Клиническая токсикология. — М.: Медицина, 1994. — 256 с.
104. Elsom D.M. Atmospheric Pollution: A Global Problem (2<sup>nd</sup> edition). — Oxford: Blackwell Publishers, 1995. — 422 p.
105. Manahan S.E. Environmental Chemistry. — NY: Lewis Publishers, 1994. — 789 p.
106. Манита М.Д. и др. Современные методы определения атмосферных загрязнений населенных мест. — М.: Медицина, 1980. — 254 с.
107. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн.2. Загрязнение воды и воздуха. — М.: Мир, 1995.
108. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. [<http://www.ecoline.ru/mc/refbooks/hydrochem/index.html>]

# Экологический мониторинг: шаг за шагом

Редактор Е.А. Заика  
Оригинал-макет С.П.Приходько

Уважаемые читатели!

С замечаниями и предложениями, касающимися этой книги, обращайтесь, пожалуйста, по адресу:

125047, Москва, Г-47, а/я 7, «Эколайн»

Эл.почта: [office@ecoline.ru](mailto:office@ecoline.ru)

Наш адрес в сети Интернет: <http://www.ecoline.ru/ecoline/>

Издат. лиц. № 090095 от 19.07.94

Формат 60x90/16

Печать офсетная

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в полиграфической фирме «Момент»