



МАТИ – РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО

П. П. Кукин, Е. Ю. Колесников, Т. М. Колесникова

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ

УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ СПО

Рекомендовано Учебно-методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебника для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2017

УДК 502/504(075.32)

ББК 20.18я723

К89

Авторы:

Кукин Павел Павлович — доцент, кандидат химических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Природная и техногенная безопасность и управление риском» Института № 1 Материаловедения и технологии материалов МАТИ — Российского государственного технологического университета имени К. Э. Циолковского, лауреат премии Президента Российской Федерации в области образования, почетный работник высшего профессионального образования;

Колесников Евгений Юрьевич — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» факультета природообустройства и водных ресурсов Поволжского государственного технологического университета;

Колесникова Татьяна Мейлеховна — доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» факультета природообустройства и водных ресурсов Поволжского государственного технологического университета.

Рецензенты:

Графкина М. В. — доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Экологическая безопасность автомобильного транспорта» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ);

Юшин В. В. — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Охрана труда и окружающей среды» Юго-Западного государственного университета.

Кукин, П. П.

К89

Экологическая экспертиза и экологический аудит : учебник и практикум для СПО / П. П. Кукин, Е. Ю. Колесников, Т. М. Колесникова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 453 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-534-01583-6

Изучение учебника важно для решения проблем экологического мониторинга, защиты экосистем и человека от негативного воздействия современных технологических процессов и источников энергии.

Учебник содержит значительный расчетный материал, использование которого поможет студентам приобрести необходимые навыки оценки состояния окружающей среды и разработки комплекса мероприятий обеспечения экологической безопасности. Обучающиеся также найдут в учебнике материалы для проведения практических и семинарских занятий, контрольных работ и тестов проверки промежуточных знаний.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, а также специалистов предприятий экономики, занимающихся оценкой воздействия на окружающую среду производственных загрязнений, экологической экспертизой и экологическим мониторингом, экспертизой проектов.

УДК 502/504(075.32)

ББК 20.18я723

ISBN 978-5-534-01583-6

© Кукин П. П., Колесников Е. Ю.,
Колесникова Т. М., 2014

© ООО «Издательство Юрайт», 2017

Оглавление

Предисловие	7
Введение.....	10
Глава 1. Общая характеристика источников загрязнения окружающей среды	12
1.1. Виды загрязнения окружающей среды	12
1.1.1. Химическое загрязнение.....	13
1.1.2. Физическое (энергетическое) загрязнение	22
1.1.3. Биологическое загрязнение	31
1.2. Классификация источников загрязнения	32
1.2.1. Классификация источников загрязнения по отраслевой принадлежности.....	32
1.2.2. Классификация источников загрязнения по сферам окружающей среды	33
1.2.3. Источники загрязнения воздуха жилища.....	36
1.3. Анализ формирования техногенных нагрузок на объекты окружающей среды	40
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	43
Глава 2. Оценка негативного воздействия объектов экономики на окружающую среду	44
2.1. Загрязнение окружающей среды при добыче полезных ископаемых.....	45
2.1.1. Загрязнение природных сред предприятиями угольной промышленности	45
2.1.2. Загрязнение окружающей среды при добыче металлических руд.....	48
2.1.3. Загрязнение природных сред при добыче нефти и природного газа.....	50
2.2. Оценка загрязнения окружающей среды обрабатывающими производствами	57
2.2.1. Загрязнение природных сред предприятиями черной и цветной металлургии	57
2.2.2. Предприятия химической промышленности как загрязнители окружающей среды	65
2.2.3. Выбросы и сбросы загрязняющих веществ, образование отходов на предприятиях машиностроения.....	69
2.2.4. Загрязнение окружающей среды предприятиями деревообрабатывающей промышленности.....	82
2.2.5. Загрязнение природных сред пищевой промышленностью.....	85

2.3. Оценка воздействия на окружающую среду объектов воспроизводства и распределения энергии, газа и воды.....	89
2.3.1. Производство тепловой и электрической энергии	89
2.3.2. Ядерно-топливный цикл.....	100
2.4. Транспорт как загрязнитель окружающей среды.....	116
2.5. Воздействие на окружающую среду, оказываемое при предоставлении коммунальных, социальных и персональных услуг	127
2.6. Загрязнение природных сред предприятиями сельского и лесного хозяйства, рыболовства и рыбоводства	128
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	129

Глава 3. Экологическое нормирование загрязнения окружающей

среды.....	131
3.1. Принципы нормирования качества окружающей среды.....	131
3.2. Нормирование загрязнения атмосферного воздуха	135
3.3. Нормирование загрязнения поверхностных вод.....	143
3.4. Нормирование загрязнения почв.....	152
3.5. Нормирование загрязнения окружающей среды энергетическими факторами	154
3.5.1. Нормирование шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.....	154
3.5.2. Нормирование загрязнения окружающей среды электромагнитным излучением.....	159
3.5.3. Нормирование воздействия теплового излучения	162
3.5.4. Нормирование воздействия ионизирующих излучений	163
3.6. Расчет класса опасности отходов производства и потребления	166
3.6.1. Расчетный метод определения класса опасности отходов производства и потребления.....	168
3.6.2. Экспериментальный метод определения класса опасности отходов производства и потребления.....	172
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	178

Глава 4. Расчеты выбросов в атмосферу загрязняющих веществ

объектами добывающих и обрабатывающих отраслей экономики.....	179
4.1. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ.....	180
4.2. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах (добыча угля)	183
4.3. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при проведении взрывных работ (добыча угля)	188
4.4. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании углеводородных смесей в факельных установках (добыча газа)	192
4.5. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуарах (добыча нефти).....	202
4.6. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от установок регенерации катализатора (нефтехимическая промышленность).....	208

4.7. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при механической обработке древесины.....	213
4.8. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хлебопечении (пищевая промышленность)	220
4.9. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ литейных цехов машиностроительных предприятий.....	224
4.10. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ гальванических цехов машиностроительных предприятий	235
4.11. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ сварочных цехов и участков машиностроительных предприятий	250
4.12. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ окрасочных цехов и участков машиностроительных предприятий.....	271
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	280

Глава 5. Расчеты выбросов и сбросов загрязняющих веществ, объема образования отходов объектами энергетических, транспортных отраслей экономики 281

5.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.....	282
5.1.1. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ котлоагрегатами малой мощности, работающими на природном газе	282
5.1.2. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ котлоагрегатами малой мощности, работающими на твердом топливе....	288
5.1.3. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автомобилями на территории автотранспортных предприятий.....	292
5.1.4. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автомобильными заправочными станциями.....	319
5.1.5. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ шпалопропиточных предприятий железнодорожного транспорта.....	324
5.1.6. Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от подвижного состава железнодорожного транспорта	329
5.2. Инвентаризация сбросов загрязнений в водные объекты.....	335
5.2.1. Расчет сброса загрязняющих веществ с поверхностным стоком	336
5.2.2. Инвентаризация сброса загрязняющих веществ с хозяйственно-бытовыми сточными водами	345
5.3. Инвентаризация отходов производства и потребления.....	351
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	366

Глава 6. Расчеты загрязнения окружающей среды при штатном функционировании техносферных объектов и при авариях 367

6.1. Расчеты загрязнения окружающей среды при работе объектов техносферы в штатном режиме.....	368
6.1.1. Расчет уровней загрязнения атмосферного воздуха промышленными выбросами.....	368
6.1.2. Расчет уровней загрязнения водных объектов сточными водами....	385
6.1.3. Расчет энергетических нагрузок от техногенных источников шума	393
6.1.4. Расчеты доз и мощностей доз ионизирующих излучений	401

6.1.5. Расчеты загрязнения окружающей среды ЭМИ радиочастотного диапазона.....	417
6.2. Расчет загрязнения окружающей среды при авариях	421
6.2.1. Прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха при аварийном выбросе химически опасных веществ в атмосферу	421
6.2.2. Уровни загрязнения водного объекта при аварийном сбросе химически опасных веществ	435
6.2.3. Расчет интенсивности теплового излучения горения аварийного пролива легковоспламеняющейся жидкости.....	448
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	451
Литература	452

Предисловие

Проблема охраны окружающей среды наряду с предотвращением войн в глобальном масштабе является одной из наиболее актуальных, поскольку от ее решения напрямую зависят жизнь, здоровье и благосостояние всего живого на нашей прекрасной планете. Экологическая проблема обострилась в XX в., когда одновременно с невиданным ускорением технического прогресса происходило интенсивное развитие промышленности и транспорта. Несовершенство используемых сегодня технологических процессов привело к загрязнению всех природных сред: атмосферы, гидросферы и литосферы. Огромную нагрузку испытывает воздушный бассейн планеты: согласно опубликованным данным все страны мира выбрасывают в атмосферу ежегодно до 350 млн т оксида углерода, более 50 млн т различных углеводородов, 150 млн т диоксида серы. Данные мониторинга свидетельствуют о постоянном росте концентрации в атмосфере углекислого газа, сокращении содержания кислорода. И хотя относительно причин повышения концентрации углекислого газа до сих пор среди специалистов нет единого мнения, уменьшение количества кислорода совершенно понятно в свете ежегодного сокращения площади лесов и роста его потребления (в том числе в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания автомобилей, количество которых на планете стремительно возрастает).

Качественная и количественная оценка загрязнения окружающей среды является важнейшей процедурой установления степени экологической безопасности.

С экологической точки зрения наиболее важными загрязнителями становятся техногенные источники химического, физического и биологического загрязнения. Современная нормативная литература в области экологической безопасности располагает разнообразными методиками оценки влияния на окружающую среду подобных источников. Поэтому в учебном пособии сделана попытка объединения имеющихся методик.

Важно также отметить, что в литературе отсутствует четкая формулировка понятия «источник загрязнения окружающей среды» несмотря на то, что в некоторых литературных источниках характеристика отдельных источников загрязнения имеется. Поэтому в пособии реализован этот пробел и представлена формулировка источников загрязнения окружающей среды.

Для всех видов источников загрязнения, представляющих интерес в области техносферной безопасности, в пособии реализована оценка воздействия на окружающую среду как энергетических потоков, так и химических веществ в штатных условиях протекания технологических процессов в объектах техносферы.

Оценка воздействия на окружающую среду источников загрязнения важна также для решения проблем экологического мониторинга, разработки систем защиты экосистем и человека от негативного воздействия современных технологических процессов и источников энергии.

Материалы учебника содержат значительный расчетный материал, использование которого поможет студентам приобрести необходимые навыки оценки состояния окружающей среды и разработки комплекса мероприятий обеспечения экологической безопасности.

Обучающиеся найдут также в данном учебном издании материалы: а) для проведения практических и семинарских занятий, б) подготовки к тестам проверки промежуточных знаний, в) контрольных работ, что является обязательной составляющей учебно-методических комплексов дисциплин подготовки студентов в области техносферной безопасности.

Учебник рассчитан для подготовки специалистов по направлению «Техносферная безопасность» и «Техносферная безопасность», а также специалистов предприятий экономики, занимающихся оценкой воздействия на окружающую среду производственных загрязнений, экологической экспертизы и экологическим мониторингом, экспертизой проектов.

Учебник охватывает практически все сферы экономики страны, что дает возможность использовать его для подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием в области техносферной безопасности в самых различных областях экономики.

Учебник подготовлен преподавателями МАТИ — Российского государственного технологического университета имени К. Э. Циолковского и Поволжского государственного технологического университета.

В результате изучения настоящего учебника обучающиеся должны:

знать

- виды загрязнения окружающей среды;
- классификацию источников загрязнения по отраслевой принадлежности;
- особенности техногенных нагрузок на среду обитания со стороны различных отраслей экономики;
- принципы нормирования загрязнения окружающей среды химическими веществами и факторами физической природы;
- методы инвентаризации выбросов и сбросов загрязняющих веществ, отходов производства и потребления, эмиссии шума и электромагнитных полей;
- способы прогнозирования уровней загрязнения окружающей среды в штатных условиях эксплуатации объектов техносферы и при авариях;

уметь

- идентифицировать состав выбросов и сбросов загрязняющих веществ предприятий различных отраслей экономики;
- рассчитывать уровни загрязнения, создаваемые в атмосферном воздухе и водном объекте источниками загрязнения с заданными параметрами;
- прогнозировать поля загрязнения при авариях с аварийно опасными химическими веществами;

владеть

- законодательными и правовыми актами в области нормирования загрязнения природных сред;
- навыками выполнения расчетов выбросов в атмосферу и сбросов в водный объект загрязняющих веществ различными производствами;
- методологией определения вида и объема образования отходов производства и потребления.

Введение

Развитие современного общества невозможно, с одной стороны, без совершенствования различных отраслей экономики — развития техносферы, а с другой стороны — без создания оптимальных условий жизни и труда человека, без сохранения биосферы.

Изучением воздействия техносферы на окружающую среду в настоящее время занимается научно-практическое направление «Техносферная безопасность».

Техносферная безопасность (С. В. Белов) — сфера научной и практической деятельности, направленная на создание и поддержание техносферного пространства в качественном состоянии, исключая его негативное влияние на человека и природу

Основными целями научно-практического направления «Техносферная безопасность», созданного в условиях интенсивного развития техносферы, является разработка системы научных исследований, практических разработок и образования, направленных на обеспечение здоровья человека и его поколения через создание комфортных условий жизни и труда, на заботу об окружающей человека природной среде путем снижения ее загрязнения, ресурсосбережение и сохранение экосистем в природе.

Важную роль в обеспечении техносферной безопасности играет проведение экспертизы безопасности, которая для технологических процессов заключается в изучении, выявлении и оценке воздействий на окружающую среду на стадиях проектирования, изготовления, эксплуатации, утилизации продукции или ее вторичного использования.

Экспертиза безопасности объектов техносферы включает следующие виды экспертизы: экспертиза зданий и сооружений, экспертиза промышленной безопасности, экспертиза условий труда, экспертиза пожарной безопасности, экологическая экспертиза.

В настоящем пособии изучаются экологические воздействия на окружающую среду источников загрязнения — различных технологий, аппаратов, веществ.

В нашем понимании **экспертиза безопасности** — превентивная процедура обеспечения техносферной безопасности, позволяющая рассчитать масштабы загрязнения окружающей среды материальными и энергетическими потоками, создаваемыми техносферными источниками, с целью прогнозирования последствий этих загрязнений.

Экспертиза безопасности предполагает как качественное изучение источников загрязнения, так и количественную оценку показателей их негативной нагрузки на окружающую среду. Специфика воздействия источников обусловлена особенностями технологических процессов, кото-

рые существенно разнятся в отдельных отраслях экономики. В пособии представлена сравнительная оценка уровней загрязнения окружающей среды, формируемой различными отраслями экономики.

Основные качественные и количественные характеристики источников, необходимые для прогнозирования последствий загрязнений, можно получить путем проведения инвентаризации их выбросов, сбросов, отходов производства и потребления. Инвентаризации — это получение сведений о количественных характеристиках источников загрязнений разного типа, она может проводиться балансовым, инструментальным или расчетным методами, что позволяет провести расчеты массовых и валовых выбросов, тем самым определить фактическую нагрузку на окружающую среду.

По массовым выбросам и сбросам можно определить реальные концентрации загрязняющих веществ в воздухе и воде, сравнив которые с нормативными величинами, можно установить степень превышения уровня загрязнения и по такому показателю осуществить прогноз последствий для живых организмов, включая человека. Поэтому в пособии особое внимание уделено принципам нормирования загрязнений и методам расчета концентраций загрязнителей в воздушной и водной средах.

Любое техногенное загрязнение наносит природе ущерб. Этот ущерб в соответствии с экологическим законодательством должен возмещать субъект экономики, являющийся владельцем источника загрязнения окружающей среды.

Изучение источников загрязнения окружающей среды имеет большое значение в обеспечении техносферной безопасности: дает возможность прогнозировать уровень загрязнений, позволяет представлять данные для проведения мониторинга окружающей среды, оценивать техногенные и экологические риски.

Глава 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В результате изучения данной главы студент должен:

знать

- виды загрязнения окружающей среды;
- различные критерии отнесения металла к группе тяжелых металлов;
- основные загрязняющие атмосферу вещества техногенного происхождения;
- об эффекте суммации вредного действия (синергизм) при одновременном присутствии в воздухе некоторых загрязняющих веществ;
- виды загрязнения почвы и воды поверхностных водных объектов;
- виды загрязнения окружающей среды физической природы и их влияние на здоровье человека;
- виды классификации источников загрязнения окружающей среды;
- основные вещества — загрязнители воздушной среды жилищ;

уметь

- классифицировать источники загрязнения окружающей среды по природе и отраслевой принадлежности;
- идентифицировать наиболее опасные вещества-загрязнители конкретного жилого помещения;

владеть

- балансовым методом обоснования техногенной нагрузки на объекты окружающей среды.
-

1.1. Виды загрязнения окружающей среды

Жизнь современного общества тесно связана с функционированием промышленности, энергетики, транспорта и связи, сельского хозяйства, коммунальной сферы. В свою очередь, эти сферы потребляют огромные количества сырья и энергии. В силу несовершенства существующих технологий работа промышленных, энергетических, транспортных объектов, предприятий связи и коммунального сектора сопровождается выделением в окружающую среду загрязняющих веществ (газообразных, жидких или твердых), а также энергии в тепловой, акустической, электромагнитной или иной форме.

Глобальный характер современного хозяйства, тесные кооперативные связи между предприятиями, расположенными не только в разных странах, но и на разных материках, обуславливают большие трансконтинентальные материальные потоки. Они, в свою очередь, являются причиной

появления в той или иной части мира биологических видов, прежде здесь не обитающих. История знает немало примеров, когда биологические виды-пришельцы находили на новом месте великолепные условия для своего размножения и становились со временем настоящей бедой для видов-аборигенов.

Под *загрязнением окружающей среды* в широком смысле следует понимать привнесение в нее (как правило, в результате деятельности человека) новых, не характерных прежде факторов:

- химической природы (вещества) — химическое загрязнение;
- физической природы (энергия) — физическое загрязнение;
- биологической природы — биологическое загрязнение.

1.1.1. Химическое загрязнение

Химическим загрязнением является поступление в компоненты окружающей среды (атмосферный воздух, водные объекты, почву) любых химических веществ, не содержащихся в них прежде. К настоящему времени человеком синтезированы химические вещества сотен тысяч наименований, в крупнотоннажном промышленном производстве находятся тысячи веществ. Далеко не для всех этих веществ изучены показатели экологической опасности:

- токсичность для человека, объектов флоры и фауны;
- химическая стойкость;
- способность к накоплению (кумулятивный эффект);
- способность к трансформации;
- другие показатели.

Тем не менее, даже если сведений о токсичности того или иного вещества к настоящему времени нет, его наличие в окружающей среде следует трактовать как химическое загрязнение. Для наиболее распространенных веществ относительно детально установлены возможные последствия контакта (с человеком и животными — лучше, растениями — хуже). Среди этих последствий для человека — острые отравления, хронические заболевания, канцерогенное, мутагенное, аллергенное действие.

Способностью накапливаться в растительных и животных тканях обладают, например, так называемые тяжелые металлы.

Следует отметить неоднозначность трактовки термина *тяжелые металлы* (т.м.) в экологической литературе:

- согласно одному определению к группе т.м. относятся элементы периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева с относительной молярной массой больше 40;
- согласно другому — металлы с плотностью большей, чем у железа.

Наряду с тяжелыми металлами к группе особо опасных загрязнителей окружающей среды относят *диоксины* (называемые также суперядами), образующиеся при высокотемпературном органическом синтезе в присутствии хлора. Эти вещества очень токсичны для человека и животных даже при сверхнизких концентрациях, вызывают поражение печени, почек, иммунной системы. Достаточно сказать, что гигиенические нормативы их

содержания в природных средах очень малы, например, для воздушной среды они имеют порядок 10^{-12} мг/м³.

Достаточно острой глобальной проблемой, обсуждаемой на уровне президентов ведущих стран мира, является так называемый «парниковый эффект», набирающий силу в последние десятилетия. Последствия у этого эффекта могут быть самые серьезные: постепенное повышение температуры атмосферы, таяние полярных льдов, повышение уровня мирового океана. Согласно современным представлениям, причина заключается в большом поступлении в земную атмосферу так называемых парниковых газов, главными из которых являются диоксид углерода (углекислый газ) и метан.

Также глобальный характер носит загрязнение мирового океана нефтью и нефтепродуктами, достигшее по некоторым оценкам уже около 20% его поверхности. Нефтяное загрязнение таких размеров способно вызвать существенные нарушения газообмена между гидросферой и атмосферой.

Загрязнение атмосферы. *Примесью* называется вещество, не присутствующее в постоянном составе атмосферного воздуха чистых районов. Примеси делятся на газообразные и аэрозоли, по происхождению — естественные и антропогенные (техногенные). К естественным относятся, например, вулканическая зола или дымовые частицы лесных пожаров, пыльца растений, песок пустынь, поднятый в воздух песчаными бурями и т.д.

Среди огромного количества веществ техногенного происхождения, загрязняющих атмосферный воздух, выделяют четыре основных, повсеместно сопровождающих работу объектов промышленности, энергетики и транспорта:

- *оксид углерода* — образующийся при неполном сгорании углеродсодержащего топлива в топках котлов и цилиндрах двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Согласно некоторым оценкам ежегодная эмиссия этого газа составляет не менее 1250 млн т. В атмосфере оксид углерода, взаимодействуя с кислородом, доокисляется до диоксида углерода и участвует далее в создании парникового эффекта;

- *диоксид серы (сернистый ангидрид)* — выделяется в основном в процессе сгорания серосодержащего топлива (мазута, угля — в отопительных и энергетических котлах, моторного топлива — в двигателях внутреннего сгорания). Поступая в атмосферу, сернистый ангидрид доокисляется, превращаясь в триоксид серы (серный ангидрид). Последний, в свою очередь, взаимодействуя с влагой воздуха, образует аэрозоль серной кислоты. Именно это вещество является основным компонентом так называемых «кислотных дождей»;

- *оксиды азота* — образуются не только на химических предприятиях при производстве азотных удобрений, азотной кислоты, анилиновых красителей и т.д., но и при любом горении, поскольку атмосферный азот способен окисляться кислородом воздуха только при высокой температуре;

- *пыль (аэрозоли)* — это твердые или жидкие частицы, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии. Среди аэрозольных частиц по агрегатному состоянию выделяют твердые частицы (пыли), капли и обводненные частицы.

По происхождению различают аэрозоли дисперсионного и конденсационного происхождения (ко второй группе относится, например, сварочный

аэрозоль, а также твердые частицы, присутствующие в выбросах некоторых металлургических производств).

Химический состав аэрозолей отличается огромным разнообразием, поэтому возможна классификация пылей по токсичности. Огромен и диапазон размеров аэрозольных частиц — от субмиллиметровых до субмикронных: по степени измельчения (дисперсности) различают следующие группы пыли (рис. 1.1).

I. *Очень крупнодисперсная пыль* с характерным медианным размером $d > 150$ мкм (определяется при условии, что количество частиц крупнее или мельче указанного размера составляет 50%).

II. *Крупнодисперсная пыль* с $d = 40–150$ мкм (например, мелкозернистый песок, синтетические моющие средства).

III. *Среднедисперсная пыль*, у которой размер $d = 10–40$ мкм.

IV. *Мелкодисперсная пыль* с $d = 1–10$ мкм (например, сахарная пудра).

V. *Очень мелкодисперсная пыль* с $d < 1$ мкм.

Из-за малого размера аэрозольных частиц IV и V групп гравитационный фактор уравнивается молекулярно-кинетическими силами, поэтому время их существования в атмосфере измеряется часами, сутками и более. При большой плотности в атмосфере аэрозольные загрязнения наблюдаются визуально в виде дыма, тумана, мглы или дымки.

Аэрозоль, присутствующий в земной атмосфере, имеет как естественное (высыхание морских брызг, лесные пожары, вулканические извержения, песчаные бури и т.д.), так и искусственное, антропогенное происхождение. Основные источники антропогенных аэрозолей — это мощные тепловые электростанции (ТЭС), потребляющие высокозольный уголь, горно-обогачительные фабрики, металлургические, цементные заводы. Большие количества пыли также поступают в атмосферу при проведении взрывов во время вскрышных работ при открытом способе добычи полезных ископаемых.

Кратко рассмотрим вопрос влияния загрязнения атмосферы на благополучие экосистем и здоровье населения. Основное вредное действие атмосферных загрязнений связано с поступлением их в организм через органы дыхания, которые при этом и страдают в первую очередь. Под влиянием выброшенных в воздух населенных мест пыли, дыма, диоксида серы (сернистого ангидрида) и других загрязнителей могут возникнуть такие заболевания, как риниты, фарингиты, ларингиты, трахеиты.

Повышается частота и увеличивается тяжесть хронических бронхитов, принимающих нередко астматический характер, пневмоний. Известны случаи возникновения эмфиземы легких, связанные с загрязнением атмосферного воздуха.

Неблагоприятное действие атмосферных загрязнений в первую очередь проявляется на детях с их не устоявшейся еще реактивностью на отдельные раздражители, а также на лицах с ослабленным организмом, отличающихся общей пониженной сопротивляемостью по отношению к внешним воздействиям. Сюда же следует отнести и большинство людей пожилого и старческого возраста. У детей, проживающих поблизости от объектов, загрязняющих воздух пылью с высоким содержанием диоксида кремния, в отдельных исследованиях обнаруживались серьезные патологические изменения в легких.

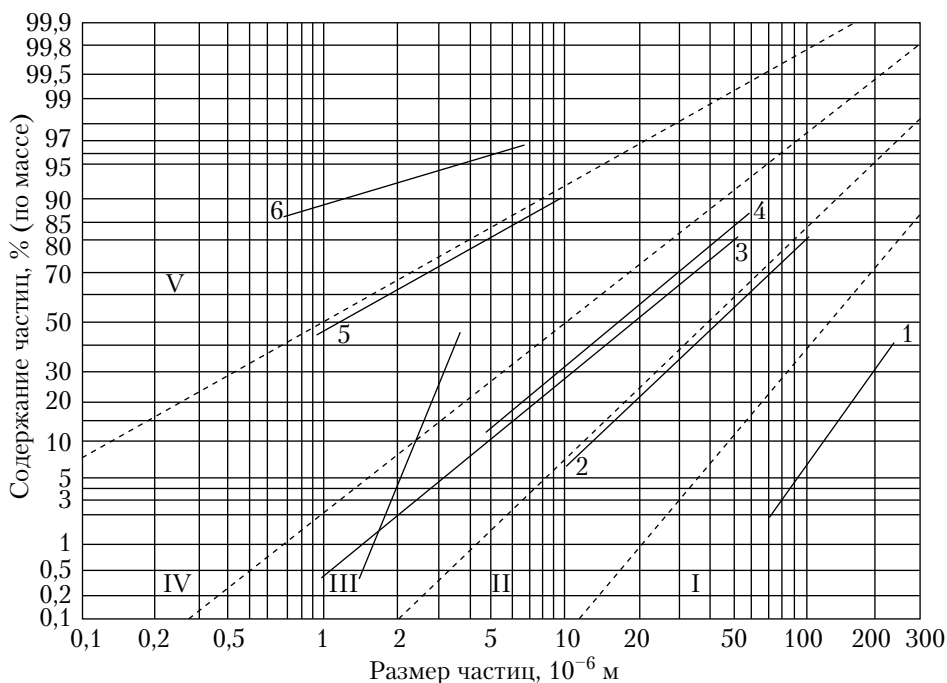


Рис. 1.1. Классификационная номограмма пылей по их дисперсности:

1 — уголь, измельченный в шаровой мельнице; 2 — мелкозернистый кварцевый песок; 3 — пылевидный кварц; 4 — цемент; 5 — дым мартеновских печей; 6 — атмосферная пыль «чистых районов»

Рассмотрим в первую очередь аэрозольные эффекты. Хорошо известно, например, что капли серной кислоты повреждают ткани растений. Соединения, образующиеся в процессе фотохимических реакций, могут обжигать листья многих овощных культур, таких как свекла, сельдерей, салат-латук и перец.

Частицы оказывают заметное воздействие на погоду и климат: часто они служат ядрами, на которых конденсируется водяной пар, поэтому продолжительные туманы могут быть вызваны высокими уровнями содержания частиц в воздухе. Кроме того, частицы в атмосфере способны отражать обратно в космическое пространство солнечную энергию, поступающую на Землю, вызывая охлаждение земной атмосферы. Уместно вспомнить здесь знаменитый сценарий «ядерной зимы» — как одного из возможных последствий применения в войне ядерного оружия. Влияние аэрозолей на элементы конструкций проявляется в их способности вызывать коррозию металлов, действуя как центры, вокруг которых развиваются коррозионные процессы.

Острое действие аэрозольных загрязнений на организм человека в настоящее время далеко не редкое явление. Наиболее характерными ситуациями, при которых оно происходит, являются образование токсического или фотохимического туманов (смогов). Особая опасность этих вредных для людей туманов заключается в том, что выраженному острому

действию атмосферных загрязнений на протяжении более или менее продолжительного времени подвергается сразу весьма большое число людей. При токсическом тумане в основном поражаются дыхательные пути. В эти периоды фиксируются массовые жалобы населения на недомогание и раздражение дыхательного тракта — кашель, боль в груди, выделения из носа и др., резко повышается обращаемость за медицинской помощью в поликлиники, больницы. У многих развиваются одышка, цианоз и прочие симптомы отравления.

Вредность токсического тумана для здоровья людей связана в основном с наличием в воздухе достаточно высоких концентраций сернистого ангидрида и пыли или дыма. Частицы данных аэрозолей с адсорбированной на них из воздуха влагой, насыщенной диоксидом серы, проникают в глубокие отделы легких вплоть до альвеол, в результате чего там создаются высокие местные концентрации этого вредного соединения.

Кроме ингаляционного действия, аэрозоли загрязняют кожный покров, что может в определенных условиях явиться причиной возникновения гнойничковых заболеваний кожи. Попадая на слизистую оболочку глаз, частицы пыли способствуют развитию конъюнктивитов. Наконец, запыленность воздуха может явиться прямой причиной повышенной заболеваемости глаз среди населения.

Между тем уже известно, что не все частицы одинаково вредны. В США и Западной Европе при гигиеническом нормировании выделяют различные фракции пыли: PM_{2,5} и PM₁₀ (соответственно пылевые фракции со среднегеометрическим диаметром 2,5 и менее, 10 мкм и менее), гигиенические регламенты для них различаются. В России на сегодняшний день такое различие пока не сделано.

Вообще же проблема доказательности утверждений о влиянии того или иного фактора на здоровье человека, экосистему всегда является очень сложной именно в силу *полифакторности*, т.е. одновременного влияния огромного числа факторов. И все-таки на сегодняшний день считается доказанным, что частота респираторных заболеваний, таких как катары верхних дыхательных путей и бронхиты, возрастает при увеличении содержания частиц в воздухе. Кроме того, на основании изучения огромного статистического материала было доказано, что при высоких концентрациях частиц число смертей по сравнению с усредненным числом для данного времени года возрастает.

Особое значение в настоящее время приобретает загрязнение воздуха веществами, вызывающими аллергические состояния у населения, часто проявляющиеся в виде бронхиальной астмы. Это наблюдается при загрязнении воздуха населенных мест выбросами аэрозолей некоторых цветных металлов, сернистого ангидрида, цементной пыли, а также пылью органических веществ, таких как хлопок, и др.

Постоянное присутствие в атмосферном воздухе даже относительно небольших концентраций различных химических соединений, обладающих токсическими свойствами, не только способствует повышению неспецифической заболеваемости населения, но и прямо угрожает массовым развитием у людей хронических отравлений соответствующими вредными газо-

образными и другими веществами. К таким наиболее часто встречающимся загрязнителям атмосферы населенных мест относятся оксид углерода, сернистый ангидрид, оксиды азота, фенол, сероводород и многие другие.

Надо всегда иметь в виду, что многие вещества при их совместном присутствии в воздухе обладают синергизмом — способностью к суммации вредного действия на организм. Это свойственно, например, таким сочетаниям, как сернистый ангидрид и фенол; сернистый ангидрид и диоксид азота; сернистый ангидрид и сероводород; сернистый и серный ангидрид, аммиак, оксиды азота; озон, диоксид азота и формальдегид. В настоящее время такие сочетания нередко встречаются в воздушной среде населенных мест.

Эффект суммации вредного действия особенно негативно проявился, например, во время знаменитого лондонского смога в 1952 г., когда число жертв достигло 4000 чел. Причина заключалась в том, что твердые частицы действуют как ядра, на которых происходит конденсация паров воды, а оксиды серы растворяются в этих капельках, образуя разъедающий туман. Именно этот туман из капелек серной кислоты и вызвал у многих лондонцев заболевание, и даже смерть. Уровень содержания оксидов серы в лондонском воздухе достигал 4 мг/м^3 (это восемь российских предельно допустимых концентраций (ПДК_{а.в.})). Смертность оказалась наибольшей среди пожилых людей, т.е. среди группы населения, уже подверженной различным сердечным и легочным заболеваниям.

Постоянное присутствие в атмосферном воздухе относительно небольших концентраций различных химических соединений, обладающих токсическими свойствами, не только способствует повышению неспецифической заболеваемости населения, но и прямо угрожает массовым развитием у людей хронических отравлений соответствующими вредными газообразными и другими веществами. К таким наиболее часто встречающимся загрязнителям атмосферы населенных мест относятся оксид углерода, сернистый ангидрид, оксиды азота, фенол, сероводород и многие другие. В первую очередь и чаще всех поражаются дети и лица пожилого возраста, а также люди, страдающие различными заболеваниями легких и сердечно-сосудистой системы.

Загрязнение гидросферы. Наряду с загрязнением атмосферного воздуха важнейшее значение для биосферы в целом имеет химическое загрязнение воды. Значение воды для человека обусловлено ролью, которую она играет в круговороте природы, а также в удовлетворении его физиологических, гигиенических, рекреационных, эстетических и других потребностей.

Важное значение воды не исчерпывается лишь ее физиологической ролью, большое ее количество требуется для обеспечения хозяйственно-бытовых нужд, создания должного санитарно-технического режима предприятий пищевой промышленности и общественного питания, лечебно-профилактических учреждений, проведения оздоровительных и физкультурных мероприятий, а также гидротерапии. В городах много воды расходуется на мойку улиц и поливку зеленых насаждений. Многие отрасли промышленности просто не могут работать без снабжения водой, причем в очень больших количествах.

Между тем к настоящему времени развитие промышленности, транспорта, перенаселение ряда регионов планеты привели к значительному загрязнению гидросферы. Еще в середине XIX в. Темза оказалась настолько загрязненной, что зловоние, исходившее от нее, заставило британский парламент прервать свою работу на две недели. После этого были выделены средства на строительство в Лондоне первой в мире централизованной городской канализации.

Химическое загрязнение воды представляет собой изменение ее естественного состава за счет увеличения содержания вредных примесей как неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, пестициды и др.).

Патогенные микробы попадают в водоисточники с выделениями людей и животных. В наибольшей степени микробиологическому загрязнению подвержены поверхностные водоемы, особенно в густонаселенных и урбанизированных районах. Крайне опасны в этом отношении необеззараженные стоки инфекционных и ветеринарных больниц, городские бытовые стоки и отходы предприятий по переработке животного сырья.

Патогенные микробы проникают в открытые водоемы также при сбросе нечистот в водоемы с речных судов, при загрязнении берегов и смывании загрязнений с поверхности почвы атмосферными осадками, при водопое скота, стирке белья и купании.

Вода может стать также источником заражения человека животными паразитами — гельминтами или глистами. С загрязненной фекалиями водой к человеку могут попасть их яйца, которые в кишечнике превращаются во взрослых паразитов — таковы аскариды, власоглав, острицы и др.

Серьезная опасность для здоровья населения связана также с химическим составом воды. В природе вода никогда не встречается в виде химически чистой H_2O . Обладая свойствами универсального растворителя, она постоянно включает большое количество различных элементов и соединений, соотношение которых определяется условиями формирования воды, составом водоносных пород.

Вода — один из важнейших факторов внешней среды, от которой зависит здоровье миллиардов человек, населяющих нашу планету, их нормальная жизнедеятельность. Достаточно сказать, что службы здравоохранения США поставили перед собой чрезвычайно амбициозную задачу — довести среднюю продолжительность жизни в стране к 2020 г. до ста лет, причем в основном этого планируется достичь именно благодаря обеспечению оптимального качества питьевой воды.

Наивысшие требования по качеству (если не принимать во внимание воду для инъекций) предъявляются к так называемой хозяйственно-питьевой воде, используемой человеком для питьевых и хозяйственных нужд. Это обусловлено тем, что вода может стать причиной развития патологий в организме и способствовать возникновению инфекционных и неинфекционных заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 80% всех болезней в мире связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды и нарушениями санитарно-гигиенических

норм водоснабжения. Количество людей в мире, имеющих хронические заболевания в связи с использованием загрязненной воды, приближается к двум миллиардам человек, ежегодно от этого умирает около пяти миллионов человек (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Доступность питьевой воды для населения

Страна	Доступ к неопасной для здоровья питьевой воде, %	Ежегодный потенциально возможный душевой расход воды, м ³ /чел. в год
Канада	100	109 307
США	100	9940
Россия	100	15 020
Индонезия	47	14 020
Бирма	31	25 960
Бангладеш	78	11 740

Примеси, от которых зависит безопасность питьевой воды, подразделяются на три вида:

- неорганические химические вещества (тяжелые металлы, нитраты и т.д.);
- органические химические соединения (пестициды, полихлорбифенилы и др.);
- болезнетворные микроорганизмы, паразиты.

Наиболее массовые и тяжелые нарушения здоровья связаны с возможностью попадания в организм носителей острых кишечных инфекций, перечень которых чрезвычайно велик. Доказана возможность передачи через воду холеры, брюшного тифа и сальмонеллез, дизентерии, туляремии, бруцеллеза, вирусного гепатита (болезнь Боткина). В воде источников водоснабжения часто обнаруживаются различные вирусы, в том числе вирусы полиомиелита.

В результате экспериментальных и клинко-медицинских исследований доказано неблагоприятное влияние на организм жесткости воды (суммарное содержание в ней солей кальция и магния). Высокая жесткость может играть существенную роль в развитии мочекаменной болезни человека.

В последние годы особое внимание ученых привлекают *нитрозамины* — вещества, образующиеся при взаимодействии нитратов с алифатическими или ароматическими аминами. Эти соединения широко используются в промышленности, доказана возможность их синтеза в природных водоемах, а также в организме человека. Нитрозамины являются весьма активными канцерогенами. Многообразие возможных путей проникновения их в воду хозяйственно-питьевого водоснабжения, хорошая растворимость в воде, а также высокая стабильность делают питьевую воду одним из основных источников поступления нитрозаминов в организм человека.

Более всего изучено влияние на организм человека фтора. Сейчас широко известно, что нехватка фтора в рационе питания или питьевой

воде способствует развитию *кариеса* зубов, при котором нарушается связь между органическими и неорганическими элементами эмали и дентина зубов. С другой стороны, при повышенном поступлении в организм фтора развивается *флюороз*, характеризующийся появлением пятен и эрозии эмали на зубах, повышением их стираемости и хрупкости. Большие количества фтора могут нарушать обмен веществ в организме, вызывать изменения в костях (типа *остеосклероза*) и тугоподвижность суставов.

Кадмий, свинец, мышьяк, стронций, другие микроэлементы также способны вызывать патологические изменения в организме человека.

Загрязнение почв. Одна из особенностей почвы состоит в том, что она накапливает информацию о происходящих процессах и изменениях и поэтому может служить своеобразным свидетелем не только сиюминутного, мгновенного состояния среды, но и отражать процессы прошлого, т.е. является *депонирующей средой*. Таким образом, почвенный покров Земли выполняет, по крайней мере, пять важнейших глобальных и экологических функций:

- 1) поддержание жизни, являясь средой обитания множества биовидов;
- 2) регулирование состава атмосферы и природных вод;
- 3) регулирование интенсивности биосферных процессов;
- 4) накопление на земной поверхности органического вещества — гумуса и связанной с ним энергии;
- 5) защита литосферы от излишне интенсивного воздействия экзогенных факторов, вызывающих разрушение горных пород.

Почвы обладают довольно высоким *гомеостатическим потенциалом* по отношению к различным экзогенным нагрузкам, они сопротивляются изменению реакции среды, изменению содержания доступных растениям элементов питания и токсичных компонентов, окислительно-восстановительного потенциала, емкости поглощения и др. Поэтому при возникновении негативных процессов изменения свойств почв выявляются не сразу, а лишь тогда, когда ухудшение показателей зашло уже слишком далеко.

Оценка опасности загрязненной почвы определяется, во-первых, эпидемической значимостью загрязнения и, во-вторых, возможностью почвы стать источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы.

Среди приоритетных загрязнителей почв следует назвать:

- *нефтепродукты* — в силу широкого применения в экономике нефти и продуктов ее переработки достаточно широко распространено загрязнение почв этими веществами. Оно происходит при эксплуатации нефтепроводов, автозаправочных станций, мест хранения автомобилей и т.п.;

- *тяжелые металлы* — поступают в почву, как правило, аэрогенным путем, осажаясь из атмосферы, будучи абсорбированными на аэрозольных частицах. Различают водорастворимые и нерастворимые соли тяжелых металлов в почве, причем эти соединения могут трансформироваться и переходить из одних форм в другие. *Период полужизни* (т.е. удаления половины от начальной концентрации) тяжелых металлов из почвы (вследствие выщелачивания, водной и ветровой эрозии, потребления растениями) составляет десятки и сотни лет (табл. 1.2);

Период полуудаления тяжелых металлов из почв

Металл	Период полуудаления, лет
Zn	70—510
Cd	13—110
Cu	310—1500
Pb	740—5900

• *пестициды* — открытие пестицидов, несомненно, стало одним из важнейших достижений науки. Сегодня в мире в среднем на каждый гектар пашни вносится до 300 кг химических средств этой группы. Однако в результате длительного применения пестицидов (гербицидов, инсектицидов, дефолиантов) в сельском хозяйстве почти повсеместно отмечается снижение их эффективности вследствие развития резистентности у «старых» рас вредителей и появления «новых» рас, с еще большей устойчивостью к пестицидам. Нарушение правил агротехники приводит к тому, что в почвах содержатся повышенные остаточные количества химических средств борьбы с вредителями и болезнями растений, многократно превышающие предельно допустимые концентрации. Это особенно негативный факт для пестицидов прежнего поколения, отличающихся большой химической стойкостью. В последующем эти вещества, растворенные из почвы атмосферными осадками или мелиоративными водами, поступают с их током в поверхностные водоисточники либо дрейфуют в подземные водные горизонты.

В этой связи в настоящее время активно изучается поведение пестицидов в почвах и возможность их обезвреживания как химическими, так и биологическими методами. Очень важно применять только современные препараты, имеющие небольшую продолжительность существования в почве, измеряемую несколькими неделями. В этом направлении уже достигнуты определенные успехи, ускоренно внедряются новые препараты с большой скоростью деструкции, однако в целом проблема еще далека от решения.

1.1.2. Физическое (энергетическое) загрязнение

Функционирование большей части объектов промышленности, энергетики, транспорта, связи сопровождается, наряду с выбросом и сбросом загрязняющих веществ, излучением энергии в окружающую среду. Энергия при этом излучается в различной форме — тепловой (с нагретыми газо-воздушными выбросами или сточными водами), электромагнитной (радиосвязь и телевидение), акустической (шум и вибрация), в виде ионизирующих излучений, выброса радиоактивных веществ.

Таким образом, физическое загрязнение окружающей среды можно определить как процесс, связанный с изменением параметров ее энергетического состояния.

К физическому загрязнению можно отнести:

- тепловое;
- электромагнитное (область промышленных и радиочастот);