

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Экологический мониторинг является начальным этапом системы обеспечения экологической безопасности. Это система наблюдений и контроля за изменениями в составе и функциях различных экологических систем, приводящими к нарушению экологического равновесия в природе. Первопричина этих нарушений состоит в загрязнении биосферы несвойственными природе химическими веществами — ксенобиотиками, появление которых связано с деятельностью человека.

Присутствие ксенобиотиков в биосфере способно вызывать глобальные геофизические и геохимические изменения: изменение климата, закисление природных вод кислотными дождями, загрязнение Мирового океана и нарушение в нем баланса углекислоты, разрушение озонового слоя. С целью обнаружения ксенобиотиков в окружающей среде проводят исследования состава атмосферного воздуха, воды, почв и биоты.

В экологическом мониторинге используют различные методы анализа: химические, физические, физико-химические и биологические. При выборе метода должны учитываться его информативность, чувствительность и возможность контролировать концентрации, меньшие предельно допустимых (ПДК). Предел обнаружения загрязняющих веществ аналитическими методами не должен быть ниже 0,5 ПДК. Большинство нормируемых загрязняющих веществ для воздуха имеют ПДК в пределах 0,005...0,1 мг/м<sup>3</sup>, для воды водоемов — 0,1...1,0 мг/л. Однако особо токсич-

ные вещества имеют в миллионы раз меньшие ПДК, или норматив предусматривает их полное отсутствие в природных средах. Обнаружить предельно низкие концентрации ксенобиотиков можно только с помощью современных методов аналитической химии, называемых инструментальными. Они основаны на измерении свойств определяемых веществ с помощью приборов. Важнейшими для экологического мониторинга являются атомно-абсорбционные, электрохимические и хроматографические методы и особенно сочетание последних с масс-спектроскопией. Они позволяют достигать необходимых низких пределов обнаружения, высокого уровня чувствительности и избирательности определений.

Однако даже все аналитические методы не в состоянии охватить разнообразие загрязняющих веществ. Не дают они и прямой информации об их биологической опасности. Это задача биологических методов, которые оценивают присутствие загрязнителя и его концентрацию по реакции живого организма или биологического элемента (группы клеток, ткани, органа).

При обеспечении безопасности среды обитания человека часто возникает необходимость анализа большого количества проб сложного состава в условиях дефицита времени или в местах, для которых сложное и громоздкое лабораторное оборудование недоступно. Кроме того, в большинстве случаев химический анализ пробы (процесс установления ее состава и концентрации определенных компонентов) — дорогостоящая процедура. Компромиссом между массовостью анализов и сокращением экономических затрат являются тест-методы химического анализа, большая часть которых основана на реакциях с цветообразующими реагентами. Анализ «на месте» (on-site) не заменим никаким другим методом в тех случаях, когда требуется срочная информация об экологической ситуации. Анализы такого типа также называют экспресс-анализом, экспресс-контролем или полевым контролем. Они являются упрощенной формой химического анализа.

В учебном пособии рассмотрены все перечисленные выше методы определения загрязняющих окружающую

среду веществ. Наибольшее внимание уделено инструментальным и классическим химическим методам химического анализа, отличающимся высокой точностью, воспроизводимостью и более высоким пределом обнаружения по сравнению с биологическими и тест-методами. Показано конкретное применение методов для определения показателей качества природных сред — воздуха, воды и почвы.

Информацию о состоянии природной среды, наряду с показателями загрязнения и биоиндикаторами, можно получить из характеристик источников загрязнения. В связи с этим в пособии проанализированы принципы экологического нормирования, главная цель которого заключается в установлении лимитов на источники вредного воздействия.

Наряду с наземными методами мониторинга, уделено внимание методам дистанционного зондирования, позволяющим получать территориальную информацию и оперативно обнаруживать масштабы и пути распространения загрязняющих биосферу веществ.

Однако авторы не ставили задачу осветить все аспекты экологического мониторинга. Основное внимание уделено наиболее важным, на их взгляд, проблемам, а также тем вопросам, которые либо не представлены в учебной литературе, либо изложены в сложной для студентов форме.

# Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОСФЕРЫ

## 1.1. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**О**трицательное влияние человека на природную среду достигло такой степени, при которой дальнейший рост антропогенной нагрузки на экосистемы уже не возможен без серьезных последствий для обеих сторон.

Сегодня наиболее опасны для человека:

- выбросы в атмосферу большого количества парниковых газов;
- возрастание объемов использования и количества опасных для здоровья человека и биоты в целом химических веществ (токсикантов, мутагенов и канцерогенов);
- значительное «закисление» окружающей среды;
- неконтролируемая и стремительная урбанизация природных комплексов (особенно опасная в прибрежных районах);
- крупномасштабное и нерациональное использование природных ресурсов (лесов, земель, пресных вод и др.), превосходящее способность природы к их восстановлению и воспроизводству.

Развитие человеческой цивилизации привело к нарушению нормального функционирования биосферы, к глобальным и локальным изменениям состояния природной среды.

Предприятия, сооружения, комбинаты, заводы, фабрики, карьеры, шахты, рудники, нефте- и газопромыслы, населенные пункты, транспортные артерии на планетарном уровне образуют особую целостную оболочку, развивающуюся в отличие от биосферы по своим законам. Согласно Н. Ф. Реймерсу, ее называют **техносферой** — «ча-

стью биосферы, коренным образом преобразованной человеком в технические и техногенные объекты» [23]. Другими словами, техносфера представляет собой пространство, освоенное не биотой, а человеком.

Человек распространил свою деятельность до высот 10 км (винтовая авиация), 15...20 км (реактивная авиация), 25...30 км (сверхзвуковая авиация), 180...900 км (искусственные спутники и орбитальные, в том числе обитаемые станции), 500...1200 км (метеорологические спутники) и 35 000...40 000 км (геостационарные спутники). К действующим спутникам следует добавить «космический мусор» — останки не менее 2500 аппаратов (с ежегодным наращиванием порядка 100...150 отслуживших свой срок спутников). Жизненно важными для современного человеческого общества являются слои в мезо- и термосфере, отражающие длинные (50...60 км), средние (140...180 км) и короткие (200...250 км) радиоволны, используемые в радиосвязи, радиовещании и радиолокации. Снизу к этому диапазону примыкает входящий в геоэкологическое пространство практически весь диапазон глубин Мирового океана, в рамках которого осуществляются гидрографические и геофизические исследования, поиски, разведка и эксплуатация минеральных ресурсов. Глубоководное бурение пока не выходит за пределы максимальных глубин океана. Глубины забоев горных выработок при эксплуатации месторождения горючих полезных ископаемых достигают 4 км. Глубина забоев буровых скважин на нефть составляет около 6 км, свехглубоких скважин — 12 км и более. Здесь же следует упомянуть тоннели и другие инженерные сооружения под землей и в горных выработках в более чем 100 странах мира. Их проходка и эксплуатация приводят к изменению термобарических условий и в связи с этим к часто ощутимым (и даже катастрофическим) для человека последствиям.

Границы техносферы неуклонно расширяются: вниз — по мере углубления и увеличения количества шахт, скважин, тоннелей, строительства метрополитенов и прочих подземных объектов и вверх — по мере освоения воздушного и околоземного космического пространства. Масштабы этих изменений приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

**Рост техносферы и потери биосферы в XX в.  
(по Т. А. Акимовой) [1]**

Показатель	Начало века	Конец века
Валовой мировой продукт, млрд долл/год	60	2500
Энергетическая мощность техносферы, ТВт	1	14
Численность населения, млрд человек	1,6	6,0
Потребление пресной воды, км <sup>3</sup> /год	360	5000
Потребление первичной продукции биоты, %	1	12
Площадь лесов, млн км <sup>2</sup>	57,5	49
Рост площади пустынь, млн км <sup>2</sup>	—	1,7
Сокращение числа видов, %	—	20
Площадь суши, занятая техносферой, %	17	30
Риск техногенных поражений людей, %	0,5	2,5

Т а б л и ц а 2

**Сравнение биосферы и техносферы (по Т. А. Акимовой) [1]**

Сравниваемые показатели	Биосфера	Техносфера
Сферообразующее число биологических видов	107	1
Число контролируемых видов	все 10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>
Масса сферы, Гт	5...10 <sup>4</sup>	2...10 <sup>4</sup>
в том числе:		
активное вещество, Гт	10 <sup>4</sup>	15
неактивное, произведенное вещество, Гт	4...10 <sup>4</sup>	2...10 <sup>4</sup>
Кратность обновления активного вещества, год	0,1	0,1
Годовая нетто-продукция, Гт	625	1,5
Годовой расход органического вещества, Гт	212	24
Годовой расход энергии, ЭДж	12 000	450
Годовой расход воды, км <sup>3</sup>	3...10 <sup>4</sup>	5...10 <sup>3</sup>
Степень замкнутости круговорота веществ, %	99,9	< 10,0
Запас генетической информации, Гбит	10 <sup>6</sup>	7
Запас сигнальной информации, Гбит	—	8
Скорость переработки информации, бит/с	10 <sup>36</sup>	10 <sup>16</sup>
Информационная скорость эволюции, бит/с	0,1	10 <sup>7</sup>

*Примечание.* Гт (гигатонна) = 10<sup>9</sup> т, ЭДж (эксаджоуль) = 10<sup>18</sup> Дж, Гбит = 10<sup>9</sup> бит.

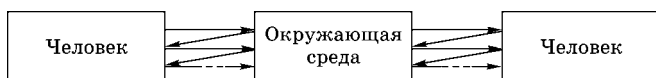


Рис. 1

Структура экологических отношений (по А. Н. Ласточкину) [16]

Энергетические и информационные потенциалы техносферы и биосферы приведены в таблице 2.

Между объектами и субъектами антропогенного воздействия возникают **экологические отношения**, выражающиеся в виде взаимных воздействий друг на друга и ответных реакций каждой из сторон на воздействие противоположной стороны (рис. 1). На схеме можно выделить четыре составляющих экологических отношений:

- антропогенные воздействия на окружающую среду;
- ответные реакции окружающей среды на эти воздействия;
- воздействия окружающей среды на человека и его рукотворные сооружения;
- ответные реакции человека на воздействия окружающей среды.

Одним из основных факторов формирования техносферы является загрязнение окружающей природной среды.

Согласно Н. Ф. Реймерсу, под **загрязнением окружающей среды** понимается привнесение в природную или антропогенную среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических, информационных или биологических агентов (веществ, факторов), или превышение в рассматриваемое время естественного среднесноголетнего уровня концентрации данных агентов в среде, нередко приводящее к негативным последствиям для человека или других живых организмов [24]. Выделяют следующие виды загрязнений:

- механическое;
- физическое: тепловое, волновое (световое, акустическое, электромагнитное), радиоактивное и радиационное;
- химическое (геохимическое, гидрохимическое, атмосферическое);
- биологическое (биотическое и микробиологическое — микробное).

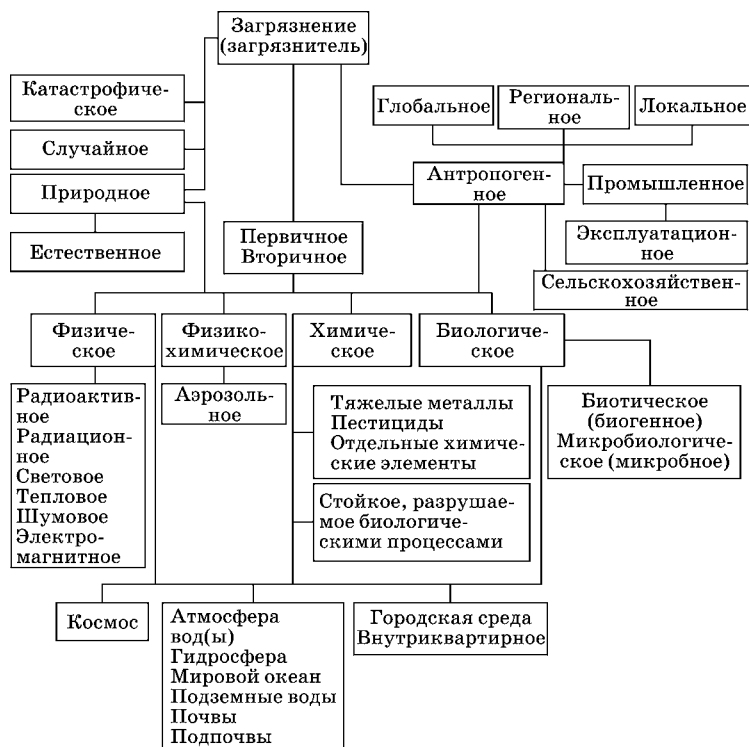


Рис. 2

Схема форм загрязнения (загрязнителей) (по Н. Ф. Реймерсу) [24]

Классификация форм загрязнения приведена на рисунке 2.

Наибольший вред здоровью человека и других живых организмов наносит химическое загрязнение окружающей среды, на долю которого приходится более 90% негативных последствий. На втором месте по нанесенному вреду находится шумовое (акустическое) загрязнение. Помимо шума к акустической форме загрязнения относятся инфразвук и ультразвук, не воспринимаемые человеком с нормальным слухом, но являющиеся, так же как и шум, стрессовыми факторами для организма.

Серьезную угрозу для всех живых существ представляет попадание в окружающую среду радиоактивных эле-



ментов — радиоактивное загрязнение. Его основными причинами являются испытания и производство ядерного оружия, аварии на АЭС и захоронение отходов атомной промышленности. Среди последствий радиоактивного загрязнения — превышение естественного радиационного фона, к которому адаптирована вся живая природа. Оно происходит в результате радиоактивного распада веществ, сопровождающегося возникновением ионизирующего излучения (потока частиц и электромагнитных квантов), и называется радиационным загрязнением.

Не менее опасно для здоровья человека и электромагнитное загрязнение. Возникающие в городах зоны с кольцевыми электрическими токами и полями приводят к увеличению напряженности электромагнитного поля в десятки, сотни и даже тысячи раз по сравнению с естественным электромагнитным фоном.

Химическое загрязнение приводит к увеличению концентраций химических компонентов окружающей среды, ведущему к изменению ее естественных химических свойств.

**По объекту загрязнения выделяют:**

- геохимическое — почв и горных пород;
- гидрохимическое — подземных и поверхностных вод;
- аэрохимическое — атмосферы (запыленность и загазованность).

**В зависимости от отраслевой принадлежности источника загрязнения:**

- промышленные загрязнения, вызванные отдельно взятым предприятием (или их совокупностью), а также транспортом;
- сельскохозяйственные, связанные с сельскохозяйственным производством и обусловленные применением пестицидов, дефолиантов и других агентов, внесением удобрений в количествах, превышающих реальную потребность культурных растений, сбросом неочищенных сточных вод животноводческих ферм, а также последствиями использования других сельскохозяйственных технологий;
- военные, возникающие в результате работы предприятий военной (оборонной) промышленности, транс-

портировки военных материалов и оборудования, испытания образцов оружия, функционирования военных объектов и всего комплекса средств ведения военных действий.

По своим масштабам заслуживают внимания прежде всего два источника, вызывающие загрязнения атмосферы, — транспорт и промышленность.

Основные загрязнители окружающей среды приведены в таблице 3.

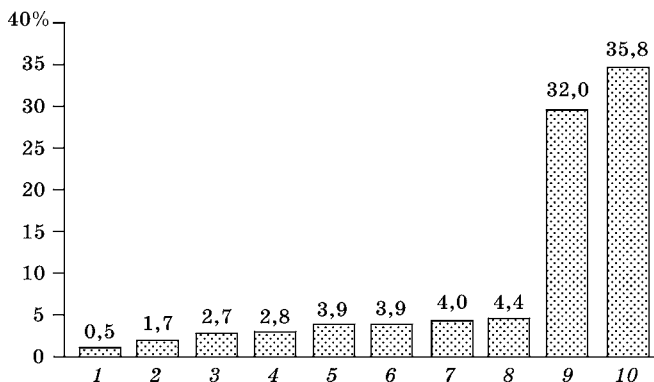
Т а б л и ц а 3

**Основные загрязнители окружающей среды, их главные источники и возможное негативное влияние (по С. В. Алексееву) [2]**

Вид загрязнителей	Основные источники загрязнения	Возможное влияние на состояние среды и здоровье человека
Оксид серы (IV), сернистый газ	Сжигание топлива, металлургия	Изменение климата, образование «кислотных осадков», обострение респираторных заболеваний у человека, повреждение растений, разъедание строительных материалов и некоторых тканей, усиление коррозии металлических конструкций
Взвешенные частицы, содержащие тяжелые металлы	Разработка полезных ископаемых, вспашка почвы, металлургия	Изменение климата, состояния озонового слоя, увеличение концентрации тяжелых металлов в цепях питания
Озон	Фотохимические реакции в атмосфере	Изменение климата, негативное влияние на здоровье человека
Оксиды азота	Сжигание топлива, транспорт, азотсодержащие минеральные удобрения, авиация	Изменение климата, состояния озонового слоя, образование «кислотных осадков». Увеличение концентрации нитратов (нитритов) в пищевых цепях, усиление коррозии, возникновение смога и др.
Диоксид углерода (углекислый газ)	Сжигание топлива, транспорт	Изменение климата, «парниковый эффект»

*Продолжение табл. 3*

<b>Вид загрязнителей</b>	<b>Основные источники загрязнения</b>	<b>Возможное влияние на состояние среды и здоровье человека</b>
Ртуть	Разработка ртутьсодержащих руд; производство хлора, соды, ряда пестицидов; свалки	Накопление в организмах по пищевым цепям
Свинец	Транспорт, металлургия	Накопление в организмах по пищевым цепям
Кадмий, цинк, медь и другие тяжелые металлы	Химическая промышленность, металлургия	Гибель обитателей водоемов в результате накопления по пищевым цепям
Оксид углерода (угарный газ)	Сжигание топлива, транспорт	Изменение климата, нарушение теплового баланса верхних слоев атмосферы
Асбест	Строительные материалы	Негативное влияние на здоровье человека
Нефть	Нефтехимическая промышленность	Нарушение теплообмена гидросферы с атмосферой, гибель морских организмов
Полициклические углеводороды (бенз(а)пирен)	Химическая промышленность, сжигание топлива, транспорт, курение	Изменение климата, состояния озонового слоя, негативное влияние на здоровье человека
Фосфаты	Химическая промышленность, производство фосфорных удобрений	Неблагоприятное состояние вод в реках и озерах
Пестициды	Химическая промышленность, производство пестицидов	Накопление в организмах по пищевым цепям
Фторхлорпроизводные углеводородов (фреоны)	Холодильная промышленность, производство аэрозольных упаковок	Разрушение озонового слоя планеты, изменение климата
Радияция	Естественный (в основном радоновый) и искусственный фон (медицинское обслуживание, испытание ядерного горючего, АЭС)	Злокачественные новообразования и генетические мутации

**Рис. 3**

Доля различных отраслей промышленности в загрязнении природной среды (по В. В. Дмитриеву и др.), % [7]:

1 — легкая; 2 — пищевая; 3 — деревообрабатывающая; 4 — химическая; 5 — машиностроительная; 6 — коммунально-бытовое хозяйство; 7 — строительные материалы; 8 — газовая; 9 — горно-металлургическая; 10 — топливно-энергетический комплекс.

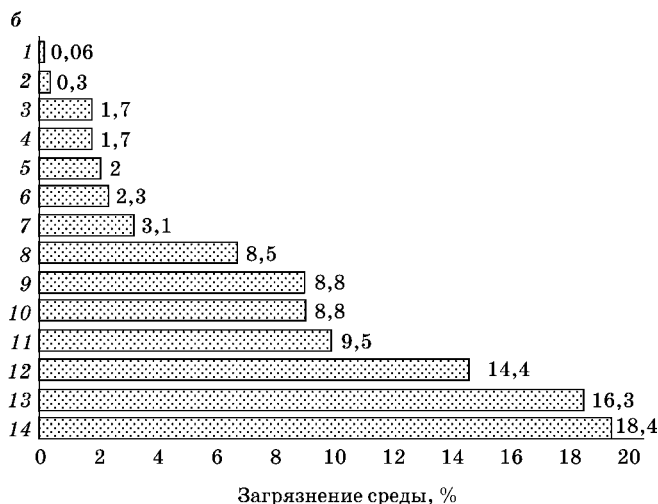
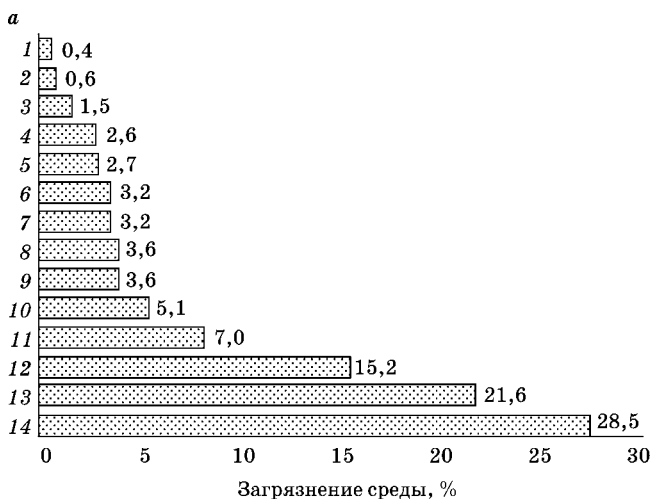
Анализ состава промышленных выбросов и автотранспорта показал, что на 85% атмосферу загрязняют диоксид серы и азота, оксид и диоксид углерода и аэрозольная пыль, 7,5% специфических токсичных веществ приходится на углеводороды, еще 7,5% — на аммиак, сероводород, фенол, хлор, сероуглерод, фтористые соединения, серную кислоту (рис. 3, 4).

На долю автотранспорта приходится примерно 90% выбросов в атмосферу крупных городов (табл. 4).

*Таблица 4*

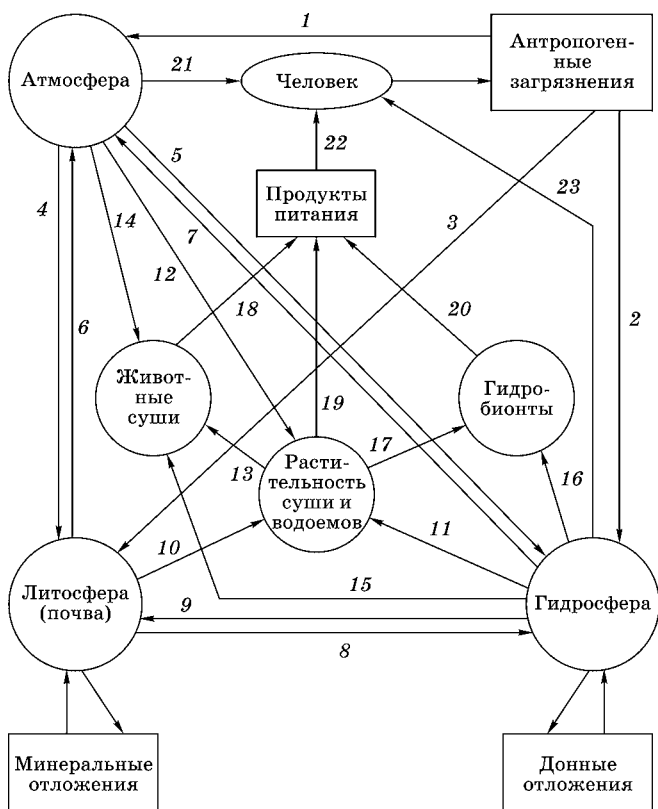
**Состав и количество загрязняющих веществ, выделяющихся в воздух автотранспортом, работающим на топливе разных видов, т/сут.**

Основные загрязняющие компоненты	Бензин	Дизельное топливо	Газ
Оксид углерода	2147,2	100	121,9
Углеводороды	390,4	44	27,7
Оксиды азота	122,0	28	13,9
Итого	2659,6 (88,8%)	172 (5,7%)	163,5 (5,5%)



**Рис. 4**  
Загрязнение природной среды различными отраслями промышленности РФ (по Т. А. Акимовой), % [1]:

*а* — выбросы в атмосферу; *б* — сбросы сточных вод: 1 — легкая; 2 — оборонная; 3 — пищевая; 4 — деревообрабатывающая; 5 — химическая; 6 — промстройматериалы; 7 — газовая; 8 — машиностроительная; 9 — угольная; 10 — нефтеперерабатывающая; 11 — нефтедобывающая; 12 — черная металлургия; 13 — цветная металлургия; 14 — электроэнергетика.



**Рис. 5**  
Стадии миграции антропогенных загрязнений  
(по Л. С. Астафьевой) [4]:

первая — пути миграции 1...3; вторая — пути миграции 4...9; третья — пути миграции 10...12; четвертая — пути миграции 13...17; пятая — пути миграции 18...23.

Загрязняющие вещества способны мигрировать и трансформироваться в природных средах. В принципиальной схеме миграции загрязнений антропогенного происхождения в природных средах можно выделить пять стадий (рис. 5).

**Первая стадия.** Происходит поступление загрязнений из источников их образования в природные среды. В атмосферный воздух летучие вредные вещества поступают в виде газов, паров и мелкодисперсных частиц (1). В водое-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)