

УРБОЭКОЛОГИЯ



Учебное издание

УРБОЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Составитель **Тюкавина** Ольга Николаевна

Редактор *И.М. Кудрявина*
Оригинал-макет и дизайн обложки *С.В. Пантелеевой*

Подписано в печать 23.03.2016. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 4,9. Тираж 60 экз. Заказ № 3925



Издательский дом им. В.Н. Булатова САФУ
163060, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 56

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

УРБОЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Архангельск
САФУ
2016

УДК 502.22(-21):504.5(075)
ББК 20.1я73
Т981

*Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом
Северного (Арктического) федерального университета
имени М.В. Ломоносова*

Составитель **О.Н. Тюкавина**

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Н.А. Бабич**;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор **В.Н. Коновалов**

Урбоэкология : учебное пособие / сост. О.Н. Тюкавина; Сев.
Т981 (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ,
2016. – 82 с.
ISBN 978-5-261-01134-7

В учебном пособии рассмотрены теоретические основы урбоэкологии и экологического мониторинга; экологические проблемы городов, экосистемные характеристики урбанизированных территорий, элементы экологизации города.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура».

УДК 502.22(-21):504.5(075)
ББК 20.1я73

ISBN 978-5-261-01134-7

© Тюкавина О.Н., составление, 2016
© Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2016

Оглавление

<i>Введение</i>	4
Часть 1. Урбоэкология. Урбанизация. Экологические проблемы городов	
Глава 1. Предмет, задачи, объекты изучения урбоэкологии	5
Глава 2. Динамика и особенности урбанизации в мире и России.....	7
Глава 3. Экологические проблемы городов.....	11
§ 1. Город и почва.....	11
§ 2. Город и гидросфера	12
§ 3. Город и атмосфера.....	13
§ 4. Город и биота.....	14
§ 5. Влияние физических факторов на урбанизированные тер- ритории.....	17
Часть 2. Город – искусственная экосистема	
Глава 1. Экосистемные характеристики города.....	20
Глава 2. Городская среда.....	23
§ 1. Микроклимат города	24
§ 2. Опасные атмосферные явления	26
§ 3. Видеоэкология.....	29
Часть 3. Экологизация города	
Глава 1. Понятие экологического равновесия территории города	31
Глава 2. Экологические законы	33
Глава 3. Методы охраны и регулирования качества городской среды	39
§ 1. Самоочищение среды	39
§ 2. Система экологических стандартов и нормативов.....	40
§ 3. Защита атмосферы от вредных выбросов.....	44
§ 4. Защита вод от загрязнения	46
§ 5. Решение проблемы отходов	49
Глава 4. Экологизация зданий	50
Глава 5. Экологизация пространственной структуры города.....	51
Глава 6. Экологический мониторинг	55
§ 1. Экологический мониторинг атмосферного воздуха.....	59
§ 2. Мониторинг поверхностных вод суши	63
§ 3. Мониторинг почв и грунтов	70
Глава 7. Устойчивое развитие городов.....	79
Глава 8. Экополис	80
<i>Библиографический список</i>	82

Введение

Вступление человечества в постиндустриальную эпоху и научно-техническая революция обусловлены не только развитием космической техники, физики атомного ядра, генной инженерии, микроэлектроники и других достижений техногенной цивилизации, но и менее известным феноменом активизации процессов урбанизации. Эти процессы характеризуются стремительным ростом городского населения, крупных городов и городских агломераций, перенесением всей суммы городских общественных отношений на сельскую местность.

В настоящее время в городах мира проживает почти половина населения планеты. Россия является высокоурбанизированной страной. Доля городских жителей в нашей стране составляет более 74% населения. Городская среда становится основным условием жизнедеятельности людей. Показатели ее состояния влияют на сохранение здоровья, продолжительность жизни и трудовой активности горожан.

Решением экологических проблем частично застроенных и освоенных территорий стран, областей, поселений, кварталов занимается урбоэкология. В ее задачу входит разработка градостроительных решений, обеспечивающих высокое, экологически обоснованное (ограничиваемое емкостью экосистем, их природно-ресурсным потенциалом) качество жизни и одновременно экологическое равновесие, сохранение в необходимом объеме естественной природы.



Глава 1. Предмет, задачи, объекты изучения урбоэкологии

Урбанизация (рост городов) – результат и фактор развития общества. Быстрая урбанизация сопровождается концентрацией технико-экономического и интеллектуального потенциала в городах, их ростом и повышением значения в жизни страны.

Однако техногенная цивилизация несет людям не одни только блага. Ее развитие при недостаточном учете законов взаимодействия между обществом и природой, человеком и окружающей средой чревато катастрофическими последствиями для биосферы и самого человека; поэтому наиболее актуальной проблемой, стоящей сегодня перед человечеством, является создание условий для природоподдерживающего (устойчивого) экономического развития в интересах достижения и сохранения необходимого уровня качества жизни как нынешнего, так и будущих поколений людей.

Урбоэкология – научная дисциплина, исследующая особенности взаимодействия городов и их систем с окружающей природной средой (*лат. urbos* – город; *древнегреч. oikos* – дом; *древнегреч. logos* – наука).

Цель урбоэкологии – поиск путей и разработка решений в рамках градостроительства и организации территории, направленных не только на обеспечение приемлемых гигиенических условий жизни населения, но и на всемерную рационализацию природопользования, охрану окружающей природной среды и экологизацию важнейших социально-экономических процессов в пределах регионов, городских агломераций, городов и отдельных их частей.

Объекты урбоэкологии – это системы расселения разного ранга, городские агломерации, города, сельские населенные пункты, городские районы, жилые микрорайоны и кварталы вплоть до отдельных зданий и сооружений.

Предмет урбоэкологии составляют исследования процессов взаимодействия урбанизированной и природной сред, а также разработка градостроительных предложений, направленных на охрану здоровья населения городов и других поселений, охрану литосферы, гидросферы, атмосферы и биоты от негативного воздействия урбанизации и городской застройки.

Урбоэкология – комплекс градостроительных, медико-биологических, географических, социальных, экономических и технических наук, которые в рамках экологии человека изучают взаимодействие производственной и непроизводственной деятельности людей с окружающей природной средой на территории населенных мест и их систем [2].

Урбоэкология направлена на решение экологических проблем частично застроенных и освоенных территорий – стран, областей, поселений, кварталов. В ее задачу входит разработка градостроительных решений, обеспечивающих высокое, экологически обоснованное (ограничиваемое емкостью экосистем, их природно-ресурсным потенциалом) качество жизни и одновременно экологическое равновесие, сохранение в необходимом объеме естественной природы.

В структуру урбоэкологии входят:

- экологические основы (учет экологических постулатов, условия экологического равновесия);
- природно-ресурсные основы (проблемы природно-ресурсных ограничений и городской уязвимости);
- территориально-планировочные основы (расселение районов, населенных мест);
- биологические основы (проблемы упругости экосистем, т.е. поддержание необходимых объемов естественной природы с высокой продуктивностью, сложностью структуры и разнообразием трофических уровней);
- инженерно-геологические основы (устойчивость или влияние города на литосферу);
- географические основы (устойчивость ландшафтов и их компонентов к техногенным воздействиям – физическим, химическим и другим загрязнениям);
- инженерно-технические основы (проблемы восстановления экологического равновесия техническими средствами);
- индустриальные и транспортные основы (проблемы индустриальных перемещений, загрязнений и транспорта);

- гигиенические основы (проблемы влияния окружающей среды на человека);
- эстетические основы (пути увеличения эстетической ценности естественной и застроенной окружающей среды) [1].

Глава 2. Динамика и особенности урбанизации в мире и России

Процесс роста и развития городов получил название урбанизации (*лат.* urbanus – городской). Этот поступательный процесс особенно ярко проявился в эпоху научно-технической революции. Если городское население Земли в 1800 г. составляло всего лишь 3%, в 1900 г. – 13,6%, то в 2000 г. в городах мира проживала почти половина населения планеты.

Город – один из видов социальной и пространственной организации населения, возникающий и развивающийся на основе концентрации промышленных, научных, культурных, административных и других функций. Город – это населенный пункт, как правило, с населением свыше 10 тыс. человек, преобладающее большинство которого занято в отраслях, не связанных с сельским хозяйством [7].

Город – рукотворный объект строительной деятельности человека. Философы связывают появление городов с процессом разделения труда, повлекшим за собой возникновение частной собственности и государства. Так, самым первым городом с миллионным населением был Рим еще во времена Юлия Цезаря (44–10 гг. до н.э.). Внешними и социальными чертами современного города являются многоэтажное строительство, широкое развитие общественного транспорта и каналов связи, превышение застроенной и застроенной частей территории над садово-парковыми пространствами.

В России определяющими признаками города являются: градообразующая функция, географическое положение, людность, административно-политические функции. Градообразующую функцию определяют элементы народного хозяйства, непосредственно вызывающие появление новых городов или развитие существующих. Это предприятия и учреждения, имеющие народнохозяйственное и государственное значение: промышленные, энергетические, сельскохозяйственные предприятия (за исключением предприятий,

обслуживающих только жителей данного населенного пункта); устройства внешнего транспорта (здания и сооружения), административно-политические, общественные и культурно-просветительные учреждения, значение которых выходит за пределы данного населенного пункта; научно-исследовательские учреждения и высшие учебные заведения; строительно-монтажные и проектно-изыскательские организации; лечебные, оздоровительные учреждения, имеющие общесоюзное, областное и районное значение. Город выполняет преимущественно промышленные, транспортные, торговые, культурные и административно-политические функции.

В зависимости от людности (численности населения) города подразделяются:

- на сверхкрупные города (численность населения свыше 3 млн человек);
- крупнейшие города (численность населения от 1 млн до 3 млн человек);
- крупные города (численность населения от 250 тыс. до 1 млн человек);
- большие города (численность населения от 100 тыс. до 250 тыс. человек);
- средние города (численность населения от 50 тыс. до 100 тыс. человек);
- малые города и поселки (численность населения до 50 тыс. человек).

Настоящим веком урбанизации явился XX век. Мощное индустриальное развитие стран в этот период способствовало быстрому развитию городов, а демографический взрыв второй половины XX века вызвал ускорение темпов роста городского населения во всем мире.

За последние 50 лет численность городских жителей возросла с 734 млн до 2820 млн человек, т.е. увеличилась в 4 раза, а их доля в общей численности населения возросла с 29 до 47%.

Доля городского населения в Европе за 1950–2000 гг. возросла с 56 до 79%. Для стран Латинской Америки темпы роста городского населения составили в среднем 2,9% в год. Особенно интенсивно процессы урбанизации протекают в развивающихся странах.

За вторую половину прошедшего века городское население России увеличилось на 25%. По данным Госкомстата на 2000 г., в Российской Федерации при общей численности населения около 146 млн человек в городах и поселках городского типа проживает

106 млн человек (73%), причем города занимают всего 0,3% территории страны [10].

Преобладающую роль в процессе урбанизации играет рост больших и крупных городов. В мире насчитывается свыше 2,5 тыс. городов с населением более 100 тыс. жителей. На общем фоне урбанизации быстро увеличивается число гигантских городов-мегаполисов (крупнейших и сверхкрупных городов). Если в 1800 г., по данным ООН, в мире был только один город Пекин с численностью населения более 1 млн, то в 1900 г. их стало 16, в 1950 г. – 59, к началу 2000 г. – 332, в 2015 г. – 516. В 2025 г. ожидается появление 639 таких городов, из которых 486 (76%) – в развивающихся странах. В 1900 г. существовал один город Лондон с населением более 5 млн человек, в 1950 г. их стало 8, а в 2000 г. – 45. Быстро растет количество гигантских городов с численностью населения более 10 млн человек: в 1950 г. их насчитывалось три (Нью-Йорк, Лондон, Шанхай), в 2000 г. – 24. При сохранении нынешних темпов прироста население города Мехико к 2018 г. может достичь 30 млн человек [6].

Города мира значительно отличаются по плотности населения. Плотность населения в городах составляет от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч человек на 1 км²: например, в Лос-Анджелесе – 3,3, Детройте – 4,2, Чикаго – 5,8, Филадельфии – 5,8, Монреале – 10,0, Нью-Йорке – 10,2, Осаке – 16,6, Токио – 17,0, Калькутте – 28,6, Бомбее – 38,6. С ростом численности населения города обычно растет и плотность его населения [8]. В совокупности эти факторы приводят к обострению экологической ситуации в городах.

С развитием урбанизации увеличивается площадь урбанизированных территорий. Ожидается, что к 2020 г. суммарная площадь городов составит 4% площади суши. Особенно быстро растет площадь мегаполисов.

Для современного этапа урбанизации характерно увеличение числа агломераций. Городская агломерация – это территориально-экономическая интеграция групп плотно расположенных и функционально связанных населенных пунктов, различных по величине и народнохозяйственному профилю [7]. В современной мировой практике градостроительства городские агломерации разделяют на моно- и полицентрические.

Моноцентрические агломерации образуются вокруг городского центра. Такой город подчиняет своему воздействию все осталь-

ные поселения – пригороды, города-спутники. Он превосходит их по своим размерам и социально-экономическому потенциалу. К моноцентрическим агломерациям России относятся Московская, Нижегородская, Санкт-Петербургская.

Полицентрические агломерации включают несколько взаимосвязанных крупных городов. Это Уральская, Кузбасская, Самара-Тольятти-Сызранская агломерации в России.

В последней трети XX века в развитых странах наметилась тенденция замедления скорости миграции населения в города, развиваются процессы деурбанизации.

Деурбанизация – обезлюдение крупных городов, сокращение их населения и относительного производственного потенциала. Основной причиной деурбанизации является ухудшение природной среды и, как следствие, санитарно-гигиенических условий жизни в крупных городах. Состоятельная часть населения переселяется в более здоровые пригородные районы, из многоэтажных зданий в собственные дома. Наиболее интенсивно процесс переселения городского населения наблюдался в 1960–1980 гг. Так, население Лондона сократилось с 10 588 000 чел. в 1970 г. до 10 209 000 чел. в 1980 г.; население Западного Берлина с 1970 по 1980 г. уменьшилось с 2 124 000 чел. до 1 957 000 чел. Переселение населения из мегаполисов в пригородные зоны сопровождается ростом городов в периферийных районах.

Несмотря на некоторое замедление темпов, характерных для развитых стран, процессы урбанизации продолжаются. В ближайшие 50 лет до 80% мирового населения будет жить в городах. Урбанизация сопровождается градостроительной деятельностью, развитием коммунально-бытового хозяйства и промышленного производства, ростом автомобилизации. Все это при больших концентрациях населения и высоких техногенных нагрузках в городах способствует загрязнению и изменению окружающей среды, вызывает целый комплекс экологических проблем [11].

Российская урбанизация с ее особенностями является частью мировой урбанизации и проявляется не столько в росте числа городов, сколько в увеличении численности их населения. Вместе с населением растут территории городов. За счет территориального роста городов и возрастания числа агломераций увеличиваются площади урбанизированных территорий. Усиливается их влияние на прилегающие районы и природную среду всей планеты. Урбанизация способствует возникновению не только местных,

но и глобальных экологических проблем. Она сопровождается преобразованием ландшафтов, способствует изменению биохимических циклов Земли. Крупный город изменяет все компоненты природной среды – атмосферный воздух, почву, растительность, поверхностные и подземные воды. Он воздействует на рельеф, грунты, гидрологическую сеть и даже на климат [9].

Глава 3. Экологические проблемы городов

§ 1. Город и почва

Среда современного большого города характеризуется загрязнением химическими веществами и микроорганизмами, повышенным уровнем физических воздействий (шум, вибрация, электромагнитные поля), информационным загрязнением. К наиболее острым проблемам экологии городской среды относятся загрязнение атмосферного воздуха, проблема «чистой воды», охрана растительного покрова и почв, управление отходами [10].

Территория – важнейший фактор развития городов не только потому, что она необходима для их застройки и роста, но и потому, что без открытых пространств города и системы расселения существовать не могут. Проблема открытых пространств особенно актуальна в сильно урбанизированных плотно заселенных странах.

Земля имеет также и огромную потребительскую ценность, главным образом потому, что верхний ее горизонт является одним из важнейших компонентов биосферы – почвой. Почва – основной компонент любых наземных экосистем, в ней протекают разнообразные физические, химические и биологические процессы, ее населяет множество живых организмов. Важнейшим свойством почвы является плодородие. Оно складывается в процессе почвообразования и воздействия на почву человека. Условия для почвообразования существуют лишь на 22% поверхности планеты. Процесс почвообразования очень протяжен по времени – на создание слоя почвы толщиной 2–3 см требуется от 200 до 1000 лет. Гораздо быстрее происходит разрушение почвы вследствие естественных и антропогенных причин, в процессе водной эрозии и дефляции (раздувания ветром) почв. Чем выше плотность заселения районов, тем активнее протекают процессы разрушения почвы.

Развитие городов приводит к изменениям рельефа поверхности земли, физико-механических свойств пород, гидрогеологических условий, направленности физико-геологических процессов и явлений. Изменение физико-механических свойств пород верхнего горизонта литосферы ощущается в городах на глубине до 20–50 м. Наиболее активно породы изменяются под воздействием статических и динамических нагрузок, обводнения и осушения, вибрации и электромагнитных излучений.

Влияние городской застройки на подземные воды прослеживается на глубине до 100–150 м (иногда до 400–800 м). При этом существенно изменяются уровень стояния, температура и химический состав подземных вод, образуются зоны подпора и депрессий, нарушается равновесное взаимодействие поверхностных и подземных вод.

С изменением гидрогеологических условий связано развитие антропогенных геологических процессов (карст, суффозия, заболачивание, подтопление и др.), истощение ресурсов подземных вод, деформация поверхности земли и т.д.

§ 2. Город и гидросфера

По мере роста городского населения, развития промышленности и сельского хозяйства загрязнение водотоков и водоемов сточными водами возрастает. Объем загрязненных вод на земном шаре превышает в настоящее время 5000 км³ в год, что составляет 20% годового речного стока.

В составе сточных вод большинства городских агломераций и крупных городов преобладают стоки промышленных предприятий (70–80% всех стоков). Считают, что производственные стоки в 3–4 раза более загрязнены, чем коммунально-бытовые, хотя токсичность их в целом в десятки и сотни раз может превышать соответствующий показатель коммунально-бытовых сточных вод. В отличие от коммунально-бытовых стоков в производственных стоках с каждым годом увеличивается набор биологически неразложимых веществ, среди которых имеются особо ядовитые, такие как цианиды, соединения свинца и ртути. Необходимо также иметь в виду и то, что многие отходы значительно повышают токсичность при соединении с другими загрязнителями. Так, например, 8 мг/л цинка или 2 мг/л меди не вредны для пресноводных рыб, но уже 1/10 часть их смеси может уничтожить в реке все живое.

В результате химизации сельского хозяйства пестициды, попадая в окружающую среду, остаются за пределами естественного круговорота, накапливаются в почве, придонном иле, отравляя земную и водную биоту. Загрязнение воды рек и озер органическими веществами связано с реальной опасностью евтрофикации водоемов, приводящей их к так называемому «вторичному загрязнению». Суть такого загрязнения состоит в стремительном росте простейших водорослей в водоемах за счет стока, содержащего в больших количествах нитраты и фосфаты. Отмирая, водоросли поглощают из воды свободный кислород, нормальное течение биологических процессов нарушается, что ведет к ухудшению качества воды и к гибели рыбы.

Загрязнение подземных вод происходит, как правило, в значительно меньших масштабах. Однако и способность к самоочищению у подземных вод значительно ниже. Главными источниками загрязнения подземных вод в пределах городов являются свалки и потери в канализационной сети (которые могут достигать 10% от объема сточных вод). Воды, стекающие со свалок, загрязнены химически и бактериально в 10 раз сильнее, чем обычные хозяйственно-бытовые стоки.

§ 3. Город и атмосфера

Главными антропогенными загрязнениями атмосферы являются диоксид углерода, аэрозоли, сернистые и угарные газы, оксиды азота, тяжелые металлы и т.д. Степень загрязненности воздушного бассейна зависит от народнохозяйственного профиля города. Заводы синтетического каучука выбрасывают такие вещества, как стирол, толуол, ацетон, изопрен; содовые заводы – аммиак, фосфорный ангидрид, серный газ, окислы азота. На обувных фабриках выделяются кожевенная пыль, аэрозоли красителей, аммиак, ацетон, этилацетат, сероводород. В выбросах целлюлозобумажных комбинатов присутствуют сероводород, гидрохлорид, метилмеркаптан, которые приводят к повреждению органов дыхательной системы. В городах, развивающихся на базе металлургической и нефтеперерабатывающей промышленности, концентрация в воздухе SO_2 , например, в 2–3 раза выше, чем в поселениях такой же величины, но другого хозяйственного профиля.

Антропогенные загрязнения атмосферы в отличие от природных концентрируются на сравнительно небольших участках зем-

ной поверхности – в промышленных районах, городских агломерациях. В сельской местности загрязненность атмосферы в 10 раз, а в промышленных городах в 150 раз выше, чем над океаном. В городах с населением свыше 500 тыс. жителей концентрация наиболее распространенных загрязнений в 1,5–2 раза выше, чем в малых городах.

Таким образом, наиболее сильны последствия загрязнения атмосферы в локальных точках – крупных городах и агломерациях, в которых сосредоточен основной промышленный потенциал и подавляющая часть транспортных средств.

§ 4. Город и биота

Наиболее пагубное влияние на растительность в пределах урбанизированных территорий оказывают три основных фактора – комплексное воздействие урбанизированной среды (преимущественно в пределах городской застройки), загрязненность воздушно-го бассейна и почв, рекреационные нагрузки (вытаптывание, создание пожароопасной ситуации, физическое уничтожение).

Растительность в городе, особенно ее небольшие массивы и рядовые посадки вдоль проезжей части улиц, сильно угнетена комплексом отрицательных факторов – уплотнением почв с нарушением водно-воздушного и температурного режимов, вызванным физическими нагрузками и воздействием электромагнитного излучения, обеднением питательными веществами, загрязнением свинцом и другими веществами. Если в лесу липа достигает возраста 300–400 лет, то в городских парках – только 125–150 лет, на бульварах и улицах – 50–60 лет; соответственно, ясень: 250–300 лет, 60–80 лет и 40–50 лет. Всемерное повышение озелененности городов (особенно крупных) – очень важная проблема. Не менее важно также обеспечить максимальную приживаемость и выживаемость растений, что достигается правильным подбором ассортимента растительности, тщательным уходом за посадками, надежной их охраной.

Естественный лес очень трудно уживается с городом. Особенно это относится к хвойным породам, которые даже в крупных массивах чаще всего преждевременно отмирают. Вредные выбросы промышленных предприятий приводят к тому, что растительность в радиусе 6–8, а то и 10 км вокруг ГРЭС, металлургического или химического комбината полностью погибает. Максимальные повреж-

дения растительности наблюдаются у опушек, вдоль полей, рек, в черте городов, а также у наветренных кромок лесов. Особенно пагубно для растений воздействие на них сернистого газа, который, проникая в листья через устьица, реагирует с железом, входящим в состав хлорофилла. Этот газ нарушает их каталитическую активность, а затем вызывает распад хлорофилла и гибель клетки. Процесс усугубляется ярким солнечным светом, высокой влажностью, большим возрастом растений и другими факторами. При длительном воздействии сернистого газа поражения проявляются у дуба, сосны и березы. Лучше всего усваивают этот газ эльдарская и черная сосна, американский клен, поэтому и мерами защиты наряду с установкой агрегатов по очистке производственных выбросов являются подбор ассортимента пылеустойчивых и газоустойчивых деревьев и кустарников, а также проведение необходимых планировочных мероприятий в пределах санитарно-защитных зон.

Негативное влияние на насаждения оказывает использование их для массового отдыха городских жителей. Развитие рекреации порождает большое число экологических проблем и прежде всего связанных с хроническим превышением нагрузок на ландшафт, возникновением пожароопасных ситуаций, а также с физическим уничтожением многих представителей флоры пригородных лесов. После 3–4 лет интенсивного использования лесных полей для их восстановления требуется не менее 5–6 лет. При плотности посетителей более 100 человек на гектар естественное лесовосстановление полностью нарушается. Виновником 99% лесных пожаров является человек.

Особую угрозу для всего живого представляет рост числа индивидуальных автомашин, нерегламентированный въезд их в лесные массивы, к берегам рек и водоемов и т.д.; поэтому главными мерами по охране пригородных лесов должны стать не только инженерные мероприятия по повышению их «несущей способности», лесотехнические мероприятия по улучшению породного состава, экологических и эстетических свойств леса, но и введение соответствующих режимов посещения тех или иных участков леса, имеющих соответствующую правовую основу.

Принципы взаимоотношения города и природы на урбанизированных территориях, в пределах систем расселения:

- не должно быть резкого перехода от урбанизированной к природной среде (за исключением особых случаев – строго охраняемых заповедников на пригородных территориях и т.д.);

- в условиях плотно заселенных пригородных территорий и огромных потоков отдыхающих места массового отдыха должны быть не только разнообразными, но и хорошо подготовленными в инженерном отношении;

- должно быть достаточно лесопарков, водоемов, спортивных сооружений;

- пригородные зоны должны сочетать функции отдыха, спорта, охраны природы, просветительной деятельности.

Прогрессирующая индустриализация и урбанизация приводит к оскудению животного мира. Это связано с изменением и уменьшением мест обитания, а также с ухудшением состояния окружающей среды.

Хотя в городах (и притом в крупнейших) живут представители самых разнообразных видов диких животных и птиц, эти животные чаще всего представляют либо живые экспонаты (в зоологических садах, уголках натуралистов, парках и т.д.), либо выполняют декоративную функцию (в парках, садах и т.д.) и очень редко являются членами целой популяции того или иного вида. Исключение составляют виды, эволюция которых была связана с длительным сосуществованием с человеком, – крысы, воробьи, голуби, тараканы, большое число которых в городах объясняется почти полным отсутствием их естественных врагов. Городская среда мало приспособлена для сохранения естественных экосистем и способствует даже не столько гибели отдельных особей, сколько разрушению их популяций, лишая их привычных мест обитания и оттесняя в мало нарушенную человеком природу.

В наше время на фауну птиц, например, действуют два главных фактора: отравление мест их обитания пестицидами и урбанизация. Действие первого фактора ощущается на обширных пространствах, практически по всей планете. Развитие градостроительства более локально, но, тем не менее, ведет к кардинальным изменениям в фауне в силу многообразия процессов урбанизации и растущей их интенсивности. При совместном действии двух факторов, т.е. когда на урбанизированных территориях еще применяются ядохимикаты для защиты зеленых насаждений от вредителей, создаются условия, близкие к стерильным.

Тем не менее, многие виды животных и птиц живут в городах. Наиболее приспособлены к обитанию в урбанизированной среде виды, относящиеся к так называемому скальному комплексу, т.е. особи, приспособленные к жизни в расчлененном рельефе, в том

числе птицы, устраивающие гнезда на скалах, крутых обрывах и т.д. (воробьи, стрижи, галки, голуби, горихвостки-чернушки и т.д.). Несмотря на чуждую живой природе городскую среду, некоторые животные и птицы расселяются на городских и пригородных территориях, т.к. рядом с человеком есть возможность найти пищу в любое время года, получить защиту от хищников.

Элементы культурного ландшафта, урбанизированной среды во многих случаях улучшают условия жизни животных. Однако воздействие на природу осуществляется по линии как прямого преследования животных и птиц, так и косвенно (уничтожение мест обитания, отравление представителей фауны пестицидами и т.д.).

§ 5. Влияние физических факторов на урбанизированные территории

Урбанизированные территории характеризуются усилением электромагнитного поля (воздействия линий электропередач, радиотрансляционных и телевизионных станций, одновременной работы большого числа электромоторов и т.д.), повышением общего фона вибрации (вследствие высокой скорости транспортных средств, работы различных механизмов и машин), понижением ультрафиолетовой радиации (из-за повышения мутности воздуха), увеличением затрат энергии на единицу площади (а следовательно, и увеличением отдачи тепла), ростом интенсивности радиации и гравитации (под воздействием огромных масс многоэтажных домов и работы скоростных лифтов), повышением уровня шума и другими физическими и химическими явлениями.

Влияние многих из перечисленных явлений на живые организмы, почву, абиотические компоненты биосферы изучено еще недостаточно, однако и полученные данные позволяют предполагать, что возможные изменения в городах гравитации, рост шумовых, радиоактивных, электромагнитных и других специфических антропогенных нагрузок на окружающую среду в перспективе могут стать не менее опасными для людей, чем загрязнения водного и воздушного бассейнов и почвенно-растительного покрова.

Шум является одним из неблагоприятных факторов в современных городах. В последние годы отмечается непрерывное повышение шумового фона городов, основным источником которого является транспорт, на который приходится 60–80% всех шумовых проявлений. Нередко в городах уровень шума достигает 90–95 дБА,

в то время как допустимым является уровень шума в 45–50 дБА, а болевой порог находится между 100 и 140 дБА. При уровне шума 50 дБА у людей возникает нарушение сна, снижается концентрация внимания, а при уровне 65 дБА проявляются стрессовые реакции, развитие гипертонической болезни.

С каждым годом по мере развития радиоэлектроники, увеличения плотности электротехнических и электронных приборов в пределах урбанизированных территорий усиливается негативное воздействие электромагнитных излучений на среду и человека. Источники электромагнитного «загрязнения» по их виду условно можно подразделить на точечные (радиостанции, телецентры), узловые (электролинейные станции, промышленные установки, системы радиообеспечения крупных аэропортов и др.) и линейные (линии электропередач, электрифицированные линии железной дороги и т.д.).

В пределах территорий, находящихся под воздействием электромагнитного излучения линий электропередач (особенно высокого и сверхвысокого напряжения – 500, 750, 1150 кВ), создаются опасные зоны, поэтому чрезвычайно важным является устройство специальных зон вдоль линий электропередач. В нескольких десятках метров от линий электропередач нельзя строить дома, жилые помещения.

Опасные электромагнитные поля создаются при использовании приборов с высоким уровнем потребления энергии, сотовых телефонов, компьютеров.

Радиоактивное загрязнение создают рентгеновские и γ -лучи (электромагнитные волны очень высокой энергии), β -лучи (поток электронов, скорость которых приближается к скорости света), α -лучи (излучение из ионизированных атомов гелия), нейтроны, космические лучи, нуклоны (излучение, состоящее из элементарных частиц ядерного происхождения). Для всех видов излучения характерны следующие закономерности: они невидимы, перемещаются с большой скоростью, излучение ионизирующее, т.е. обладает свойством вырывать электроны с внешних орбит атомов. Образующиеся при этом ионы химически активны и способны изменять различные свойства живой клетки, вызывая образование токсичных примесей. α -лучи задерживаются тонким слоем кожи. β -лучи проникают на несколько сантиметров вглубь тканей. γ -лучи и космические лучи могут пройти сквозь многометровые свинцовые стены блиндажей. Нейтронное излучение при одинако-

вой дозе, поглощенной организмом, гораздо опаснее. Это объясняется большим размером нейтронов и отсутствием у них электрического заряда, а также их большой кинетической энергией. Они могут отрывать часть цепочки нуклеиновой кислоты. Нейтроны встречаются лишь в непосредственной близости от реакторов или же образуются в момент ядерного взрыва.

Явление радиоактивности заключается в самопроизвольном распаде одного химического элемента и превращении его в элемент с другим порядковым номером. Это превращение сопровождается выделением энергии.

Наиболее опасными являются радиоактивные элементы, близкие к слагаемым живого вещества, т.к. способны накапливаться в теле. Стронций-90 и цезий-137 сходны по своим химическим свойствам с кальцием и калием. Таким образом, первый легко проникает в костную ткань, а второй накапливается в мускулах и замещает калий. Так как период их полураспада составляет 28 и 33 года, они могут накопиться и нанести ущерб здоровью.

Большую роль играет интенсивность облучения: менее опасно подвергнуться нескольким облучениям, чем получить эквивалентное количество радиации за один раз.

Фоновое излучение в год составляет 130 м бэр. Ежегодная доза радиоактивного облучения населения превышает дозу его фонового облучения в 5 раз. В среднем 34% дают медицинские обследования и лечение; 22% – естественный фон; 43% – продукты распада радона; 0,7% – результаты ядерных испытаний; 0,3% – результаты работы АЭС и других тепловых источников.

Инертный радиоактивный газ радон образуется при распаде урана-238, тория-232 и радия-226, содержащихся в почвах и многих минералах. Земля, на которой строят дома, строительные материалы, из которых они сделаны, могут выступать мощным источником радона. Просачиваясь через фундамент и пол из грунта или высвобождаясь из материалов, использованных при строительстве, он накапливается в помещениях, особенно на первых этажах, в результате возникают высокие уровни радиации.



Глава 1. Экосистемные характеристики города

Экологической системой называют любое сообщество живых организмов и среду обитания, объединенных в единое функциональное целое, возникающее на основе взаимозависимости и причинно-следственных связей.

Город, безусловно, можно считать экосистемой. Здесь живут растения-продуценты; человек, животные-консументы; грибы и микробы-деструкторы. Вместе с тем, город – особая экосистема, основное отличие которой от экосистем, известных в природе, заключается в том, что в ней доминирует человек. Имитируя многие естественно протекающие в природных экосистемах процессы, силой своего ума и логикой социального поведения человек искусственно создает и регулирует потоки вещества и энергии, формирует и разрывает трофические цепи, во многом влияет на процессы теплового и газового обменов. Он во многом – автор и среды обитания, ибо материальная сфера города, его архитектура – результат деятельности человека именно как социального существа.

Город – это экологическая система, созданная людьми. Основным представителем биоты города является человек. Человек доминирует над другими организмами – растениями, животными, птицами, насекомыми, микроорганизмами, которые также обитают на городской территории.

Городская среда – это совокупность антропогенных объектов, компонентов природной среды, природно-антропогенных и природных объектов.

Антропогенные объекты искусственной городской среды занимают основную часть территории города. К ним относятся жилые, общественные и промышленные здания, улицы, магистрали, площади, подземные переходы, стадионы, телебашни и другие сооружения. К числу антропогенных объектов относятся также транспортные и другие передвижные и технические средства. Антропо-

генные объекты делятся на градостроительные, производственные и объекты городских инфраструктур: транспортной, инженерной и социальной.

В состав природной среды города входит атмосферный воздух, солнечный свет (аэросистема), поверхностные и подземные воды (гидросистема), почвы, грунты (геосистема) и живые организмы (биосистема). Это компоненты среды обитания, без которых жизнь человека и других организмов невозможна.

К природно-антропогенным объектам относятся городские леса, парки, сады, озелененные территории жилых и промышленных районов, бульвары, скверы, защитные зоны, каналы, водохранилища и т.п.

Природными объектами города являются памятники природы. Природно-антропогенные и природные объекты вместе с компонентами природной среды образуют природную среду города, которая является важнейшей составляющей городской среды.

При этом природные и антропогенные составляющие городской среды взаимосвязаны и взаимозависимы. Природная среда определяет градостроительные решения при создании искусственной городской среды. В свою очередь, искусственная городская среда как архитектурно-планировочная структура влияет на микроклимат города, а производственные и другие антропогенные объекты воздействуют на природную среду города через хозяйственную и иную деятельность.

Взаимовлияние природной и антропогенной систем весьма велико, однако главное их различие заключается в том, что природная система способна к саморегуляции и не нуждается в активном действии на нее антропогенных систем, а антропогенная система, напротив, всецело зависит от природной. При этом человек, как элемент природной системы и одновременно социальное существо, не просто влияет на антропогенную систему – он ее создает, оказывая сильное влияние и на природную систему, нередко лишая ее способности к саморегуляции.

Город – чрезвычайно зависимая экосистема. Все экосистемы – открытые образования, но города – сверткрытые. Они полностью зависят от окружения, в чем проявляется экологический «паразитизм» урбанизированных образований. Город не может прокормить свое население, он «дышит чужим воздухом», «пьет чужую воду» и одновременно с этим выбрасывает в биосферу большое количество продуктов своего метаболизма.

В городах развитых стран на различные виды деятельности человека (трудовую, транспортную, ведение домашнего хозяйства, досуг, освещение и отопление квартир, работу предприятий и пр.) расходуется в 80 раз больше энергии, чем это требуется для физиологического функционирования организма.

Концентрируя большое количество энергии, часть ее города выделяют в окружающую среду. Температура воздуха в городе всегда выше, чем на территории вокруг него. Происходит это как за счет техногенной деятельности, так и за счет нагрева солнцем асфальтовых и бетонных поверхностей улиц, площадей, стен и крыш домов.

Пищу в город ввозят извне. Чтобы накормить одного горожанина, требуется не менее 100 м² сельскохозяйственных угодий, включающих пашню, сенокосы и пастбища; поэтому городская экосистема нуждается в пригородных пространствах.

Город потребляет огромное количество воды, основная часть которой расходуется на производственные процессы и бытовые нужды. С учетом промышленности на одного горожанина приходится до 1000 л в сутки. Использованная городом вода поступает в пригородные водотоки в виде сточных вод.

Город выбрасывает в воздушную атмосферу газообразные вещества, жидкие аэрозоли, пыль. Миллионный город ежегодно выбрасывает 2 млн т пыли, 1,5 млн т окиси углерода, 0,3 млн т окислов азота, 0,25 млн т сернистого ангидрида и другие вредные вещества; поэтому 15 млн поселений на нашей планете выступают как основные очаги антропогенного возмущения в биосфере, а наиболее крупные из них, миллионные города, по масштабам воздействия на атмосферу сравнивают с вулканами.

Город производит и накапливает большое количество промышленных и бытовых отходов. Культурный слой, включающий строительные и бытовые отходы прошедших эпох, может составлять 7–8 м.

В связи с увеличением экологической нагрузки города актуально понятие «экологический след». Потребная для человека территория напрямую связана со степенью экологичности его деятельности, его потребностей. Экологический след населения – это область земли и водных экосистем, постоянно требующая производить ресурсы, которые население потребляет, и ассимилировать отходы, которые население производит. Метод анализа экоследа основан на том, что многие из ресурсов и потоков могут быть

преобразованы в соответствующие площади земли и водной территории. Площадь экоследа должна включать область экосистем, которую население приспособливает для удовлетворения своих потребностей при всех формах экологической деятельности, включая торговлю, плюс потребную площадь земли и воды. Этот параметр зависит от ряда факторов: численность населения, средний материальный уровень жизни, биопроизводительность земли и воды, эффективность сбора урожая, его обработка и использование, экологичность технологий.

Каждый город и каждый человек имеет свой экологический след. Анализ показывает, что относительно богатые жители и города развитых стран налагают большую нагрузку на землю, чем жители бедных стран. Жители с высоким доходом (США, Канада) имеют средние экологические следы от 8 до 10 га, т.е. почти в 20 раз больше, чем экоследы граждан беднейших стран, таких как Бангладеш или Мозамбик. Экоследы городов развитых стран в 200–300 раз больше, чем занимаемые ими географические территории. Чтобы выдержать население одного Лондона, требуется экологически производительная территория всей Англии (следовательно, Англия «живет» за счет территории других стран) [9].

Глава 2. Городская среда

Городская среда – комплекс, включающий в себя природную среду, окружающую город, и материальную структуру города (здания, территория и др.).

Отсутствие учета экологических и социальных факторов развития города формирует городскую среду, характеризующуюся следующими особенностями:

- сокращение почвенно-растительного слоя, что приводит к повышению удельной антропогенной нагрузки, деградации почвы, исключению экологических ниш; сокращению разнообразия, вытеснению, гибели растений и животных; сокращению самоочистки, ухудшению состава воздуха и воды;
- антропогенные наносы (культурные слои) – нарушение состава, процессов самоочищения почвы, ослабление роста и ускорения процессов старения и отмирания растительности; угнетение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов;

- покрытие почвы непроницаемым слоем при строительстве – полное прекращение круговорота веществ, гибель всей растительности, животного мира, редуцентов, ухудшение состава воздуха и воды, концентрация загрязнения;

- загрязнение насыпных почв, создание свалок – изменение структуры и свойств почвы, накопление особо опасных неперерабатываемых веществ, исключение самоочищения, концентрации загрязнения в растениях, ухудшение их свойств, загрязнение состава воздуха и воды;

- поглощение городом не возвращаемой в природу органической массы, что вызывает нарушение геохимического цикла, разрушение структуры почвы, снижение плодородия, снижение процессов самоочистки во всех средах;

- вытаптывание, уплотнение почв, приводящее к нарушению структуры почв, ее свойств, угнетение и гибель растительности, сокращение жизнедеятельности микроорганизмов;

- перегрев почвы летом, повышение температуры и снижение влажности воздуха, приводящие к гибели почвенных микроорганизмов;

- поступление загрязнений в воздух и воду, приводящее к загрязнению почв, воздуха, воды, к снижению способности к самоочистке, к угнетению и гибели растений, отравлению, болезням и гибели животных;

- угнетение растительности, гибель животных, снижение способности к самоочистке городской среды.

§ 1. Микроклимат города

Микроклимат города зависит как от природных условий (радиационный режим, температурный режим, ветровой режим), так и от условий, создаваемых городской застройкой, функционированием автотранспорта, теплоэлектростанций, промышленных и других предприятий. Городская застройка изменяет природный рельеф: увеличивает шероховатость подстилающей поверхности, включает множество вертикальных поверхностей, создает пересеченную местность. Кроме того, теплофизические свойства (теплоемкость, отражательная способность) элементов городской застройки (стен, зданий, крыш, дорог, мостовой) отличаются от теплофизических свойств элементов природного окружения.

Вследствие загрязнения атмосферного воздуха твердыми и жидкими взвешенными частицами (аэрозолями) происходит уменьшение его прозрачности, поэтому часть солнечной радиации не проникает на территорию города. В зависимости от степени загрязнения воздуха, времени года и суток наблюдается снижение его интенсивности до 20%. Солнечное облучение необходимо для жизни. Инсоляционный режим – режим облучения городских территорий и помещений зданий прямыми солнечными лучами регламентируется СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий» и СНиП (строительные нормы и правила) 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

Температура воздуха в крупном городе по сравнению с его окрестностями выше на 1–4 °С, иногда эта разница достигает 8 °С. Повышение температуры обусловлено нагревом элементов застройки за счет поглощения ими солнечной радиации и отражением радиации городскими поверхностями, а также уменьшением эффективного излучения тепла над городом. Дополнительное тепло поступает от сжигания топлива транспортными средствами, промышленными и энергетическими предприятиями.

Повышение температуры воздуха внутри города по сравнению с температурой окружающей местности приводит к образованию так называемого «острова тепла» над городом, т.е. области повышенной температуры воздуха, которая имеет область купола. Размер «острова тепла» и другие показатели зависят от метеорологических условий и особенностей города. «Остров тепла» разрушается ветром и атмосферными осадками, но устойчив в безветрие. В «острове тепла» давление атмосферного воздуха понижено. Это способствует притягиванию облаков верхних слоев атмосферы, поэтому облака над городом расположены значительно ниже, чем над открытой местностью. Образование «острова тепла» вызывает уменьшение притока солнечной радиации на территорию крупного города, рост атмосферных осадков, частые туманы.

Элементы городской застройки и зеленые насаждения изменяют скорость ветра и его направление. Обычно скорость ветра в городе меньше, чем за его пределами. Усиление ветра возможно при расположении города на холмах или при совпадении направления ветра с направлением улиц. Для городов, где скорости ветра незначительны, характерны местные циркуляции воздуха.

Причиной их может быть разная инсоляция отдельных участков городской территории. Движение воздуха, вызываемое термическим проветриванием, возникает между городом и его окрестностями, между зеленым массивом и территорией застройки, между нагретой солнцем и затененной частью улицы. Ветровой режим приземного слоя воздуха в условиях городской застройки принято называть аэрационным режимом. Аэрационный режим считается комфортным, если скорости ветра на территории застройки находятся в пределах от 1 до 5 м/с. Участки городской территории, где скорость ветра меньше 1 м/с, относятся к непроветриваемым, а где более 5 м/с – к зонам продувания. Нпроветриваемые участки городской среды, или зоны застоя воздуха, создают антисанитарное состояние. Зоны продувания дискомфортны для человека.

Влажность воздуха в крупных городах ниже по сравнению с окрестностями. Это связано с повышенными температурами атмосферного воздуха и меньшим содержанием в нем влаги за счет снижения количества испарений. Наибольшая разница во влажности воздуха между городом и его окрестностями в течение года наблюдается летом, а в течение суток – в вечерние часы. Зимой в городе выпадает меньше снега, а летом выпадает больше дождей.

Образованию облачности в городе при высокой влажности способствует повышенная конвективная неустойчивость и загрязнение воздушных масс. Образованию облачности при недостаточной влажности также способствуют конвективные потоки над городом. Они препятствуют горизонтальному перемещению воздушных масс, поступающих с наветренной стороны, вовлекают их в восходящий поток воздуха. Вследствие этого образуется облачность и выпадают осадки [10].

§ 2. Опасные атмосферные явления

Атмосфера является термодинамической системой, в которой вертикальное перемещение масс воздуха при определенных условиях может рассматриваться как адиабатический процесс, т.е. процесс, протекающий без притока или отдачи тепла. При этом воздух, поднимающийся вверх, будет охлаждаться, а опускающийся – нагреваться. Это происходит потому, что при подъеме воздуха вверх его объем будет возрастать вследствие уменьшения давления атмосферы, а температура – снижаться. При опускании объем уменьшается, температура возрастает. Изменение температуры

при этом составляет примерно 1°C на каждые 100 м вертикального столба воздуха. В этом случае состояние атмосферы называется безразличным (нейтральным). Оно характерно для сухой ясной погоды.

Если температура окружающего воздуха понижается с высотой так, что его вертикальный градиент больше адиабатического (что наблюдается в случае сильного нагрева поверхности земли), то движущийся снизу объем воздуха получает ускорение. Нагретые конвекционные струи поднимаются вверх, а на их место вниз опускаются холодные потоки воздуха. Такие условия называются неустойчивыми конвекционными.

Если вертикальный температурный градиент воздуха близок к нулю или становится отрицательным (т.е. температура с высотой возрастает), то вертикально поднимающийся объем воздуха оказывается холоднее окружающих масс и его движение затухает. Такие условия называются устойчивыми инверсионными.

Инверсии температуры могут начинаться от поверхности земли (приземная инверсия) или с некоторой высоты (приподнятая инверсия). В обоих случаях они препятствуют перемешиванию воздуха и способствуют накоплению в приземном слое примесей, включая и продукты конденсации влаги в воздухе, образующие туманы, дымку, низкие облака. Влияние температурной инверсии и застоев воздуха на формирование опасных уровней загрязнения воздуха проявляется по-разному в зависимости от источника загрязнения и параметров выброса.

При низких источниках (трубах) с холодными выбросами наибольшие концентрации примесей в приземном слое создаются при отсутствии ветра или слабом ветре ($1\text{--}2\text{ м/с}$) в сочетании с приземной инверсией. При этом максимальное загрязнение воздуха наблюдается непосредственно у источника. Максимальные загрязнения от высоких источников с горячими выбросами создаются при приподнятых инверсиях и наличии под инверсией турбулентного перемешивания воздуха, способствующего переносу примесей от труб вниз. При этом, чем ниже под трубой граница слоя с инверсией температуры, тем сильнее загрязнение воздуха в приземном слое. Максимум загрязнения находится на некотором расстоянии от источника по направлению ветра. Высокое загрязнение воздуха может образоваться и при отсутствии инверсии и при нейтральном состоянии атмосферы вследствие сильного ветра. Максимум его находится на расстоянии нескольких километров от источни-

ка. Для количественного выражения состояния устойчивости атмосферы используют соотношение вертикального температурного градиента и скорости ветра, так называемый критерий стратификации атмосферы. Этот критерий используется при всех расчетах рассеяния примесей в атмосфере.

Устойчивость атмосферы может быть слабой, умеренной и сильной. Рассеяние примесей в условиях каждого класса устойчивости атмосферы имеет свои особенности, формирующие характерный вид дымовой струи, по которому можно судить о термодинамическом состоянии нижних слоев атмосферы.

Образование волнообразной струи происходит при очень неустойчивом вертикальном температурном градиенте. Эта форма обычно наблюдается днем при хорошей погоде и сильном нагревании земли солнцем. Конусообразная форма струи встречается при слабом вертикальном градиенте температуры и ветреной погоде, особенно во влажном климате. Веерообразная форма струи возникает при температурной инверсии. Ее форма напоминает извивающуюся реку, которая постоянно расширяется с удалением от трубы. Эта форма трубы часто наблюдается при снежном покрове, слабом ветре и ясной погоде. Приподнятая форма струи чаще наблюдается ночью, и обычно в течение 1–3 часов. Она является наиболее благоприятной для рассеивания вредных веществ. Наиболее неблагоприятная в гигиеническом отношении является задымляющая форма струи, при которой падение температуры воздуха обычно начинается у поверхности земли и распространяется на некоторую высоту. В этих условиях выбрасываемые из трубы дымовые газы с высокой концентрацией примесей тепловыми вихрями приносятся к земле вдоль всей струи. Задымляющая струя приводит к образованию максимальной приземной концентрации примесей в воздухе и как наиболее неблагоприятная принимается для расчета рассеяния выбросов в атмосфере [3].

Штили и облачность (особенно низкая), сопровождающиеся плотными туманами, часто являются причиной длительных приземных инверсий, которые могут сохраняться в течение многих дней. Приземные инверсии обуславливают отсутствие аэрации жилых кварталов и тем самым способствуют скоплению загрязняющих веществ в приземном слое. В результате формируется смог.

Смог – токсический туман. Он возникает при неблагоприятных метеорологических условиях и высоких концентрациях вредных веществ в приземном слое. Выделяют четыре типа смога: восстано-

вительный (Лондонский тип), окислительный, или фотохимический (Лос-Анжелесский тип), смог ледяного типа и электрический смог.

Восстановительный смог характерен для крупных промышленных центров. Лондонский тип смога характеризуется высокими концентрациями в воздухе сернистого газа, пылевых частиц и тумана. Источник – продукты сжигания угля и мазута.

Фотохимический смог наблюдается в городах с высокой интенсивностью радиации солнца. Он образуется при взаимодействии солнечного света с оксидами азота и углеводородами, содержащимися в выхлопных газах автотранспорта и промышленных выбросах, в безветрие. Предвестником образования фотохимического смога является озон, поэтому особое внимание при контроле атмосферного воздуха города необходимо уделять мониторингу озона. Для данного вида смога характерна желто-зеленая или синеватая дымка. Источник – выбросы предприятий химической промышленности и транспорта.

Ледяной смог возникает в городах северных широт при неблагоприятных климатических условиях под воздействием пыли, оксидов серы и азота, высокой влажности и низкой температуры. Воздействие аэрозолей кислот на органы дыхания человека усиливается механическим действием мелких кристалликов льда.

Электрический смог образуется тогда, когда на твердых взвешенных частицах загрязненного воздуха скапливаются электрические заряды. Их совокупность составляет атмосферное статическое электричество. Статическое электричество оказывает отрицательное влияние на здоровье человека, вызывая грубые нарушения сердечно-сосудистой и других систем [10].

§ 3. Видеоэкология

В последнее время уделяется большое значение видеозагрязнению городской среды. В городе изменяется видимая среда, ее цветовая гамма, структура окружающего пространства. Господство темно-серого цвета, огромное количество больших плоских поверхностей, преобладание прямых линий и углов, статичность большей части городских объектов – все это оказывает негативное влияние на эмоциональное состояние человека. Видимую среду городов могут представлять так называемые гомогенные и агрессивные поля. Гомогенные поля – это голые стены, монолитное стекло, глухие заборы, асфальтовые покрытия, гладкие крыши

домов и т.п. Агрессивные поля – это большое количество одинаковых и равномерно размещенных на поверхности элементов: окна на стене дома, плитки на тротуаре или стене, гофрированные поверхности и т.п. Отрицательное воздействие гомогенных полей заключается в том, что на гладкой поверхности глазу не на чем остановиться и в головной мозг поступает недостаточно информации. На агрессивном поле информация избыточна – глаз «не уверен», какой элемент он фиксирует. Гомогенные и агрессивные поля негативно влияют на работу центральной нервной системы и, в конечном итоге, на общее самочувствие человека.

Установлено, что декор зданий имеет функциональное значение и благоприятно влияет на эмоциональное восприятие городской среды. Лучшие творения зодчих по многообразию линий, заостренностей, контрастов и окраске не уступают природной видимой среде леса, гор, берега моря. Видимая среда современного города может быть улучшена за счет архитектуры малых форм, разнообразной обработки поверхности железобетонных конструкций, отказа от однотипной застройки, окраски стен домов в разные цвета, широкого использования озеленения. Типы архитектурных форм города должны сочетаться с ландшафтом. Природоподобие форм зданий является одним из наиболее простых способов достижения благополучия видимой среды города [10].



Глава 1. Понятие экологического равновесия территории города

Город – это неравновесная система. Состояние неравновесности определяется масштабом антропогенных нагрузок города на окружающую среду. Показателями антропогенных нагрузок являются плотность населения, площадь застроенных и заощенных территорий, нагрузки от тяжести зданий и сооружений, объемы промышленного производства, уровень автомобилизации и т.п.

Рассмотрим понятие экологического равновесия территории применительно к тому району (области, краю, региону), где расположен город.

Экологическое равновесие – это динамическое состояние природной среды, в котором она устойчиво функционирует. При этом основными функциями природной среды будут функции самовосстановления и самоочищения. Экологическое равновесие населенных мест сохраняется при допустимых антропогенных нагрузках, не превышающих емкость территории.

Емкость территории – это количественно выраженная способность ландшафта удовлетворять потребности населения данной территории без нарушения экологического равновесия. Выделяют потребности в площадях для строительства, воде, рекреационных ресурсах и т.п. Показателем, характеризующим потребности населения, является демографическая емкость.

Демографическая емкость – это максимальное количество жителей, которое может проживать в границах района, при условии обеспечения потребностей населения и сохранения экологического равновесия.

Экологическое равновесие определяется следующими характеристиками:

- репродуктивная способность территории – способность территории воспроизводить основные компоненты природной среды:

кислород атмосферного воздуха, воду, почвенно-растительный покров;

- экологическая емкость территории – плотность биомассы представителей животного и растительного мира на единицу территории;

- геохимическая активность территории – способность территории перерабатывать и выводить за свои пределы продукты техногенной деятельности – загрязняющие вещества;

- биохимическая активность территории – способность биологически перерабатывать органические загрязнения и нейтрализовать вредные воздействия неорганических загрязняющих веществ;

- устойчивость территорий к физическим нагрузкам – устойчивость к воздействию застройки, транспорта, инженерной инфраструктуры, рекреационных зон и т.п.

Эти характеристики выражаются количественными показателями.

Считается, что территория находится в состоянии полного экологического равновесия, если природная среда обеспечивает воспроизводство своих компонентов, фито- и зоомассы этих территорий сбалансированы, сложившееся биоразнообразие сохранено, степень геохимической активности ландшафтов и степень биохимической активности экосистем соответствует уровню антропогенных загрязнений, а уровень физической устойчивости ландшафтов соответствует силе техногенных нагрузок.

Экосистема города от состояния экологического равновесия далека. Основные причины – компоненты природной среды не воспроизводятся в полной мере; а низкая геохимическая и биохимическая активность территории больших городов не позволяет нейтрализовать загрязнения окружающей среды.

Условное экологическое равновесие возникает при невыполнении лишь первого условия, когда не осуществляется воспроизводство компонентов природной среды; реально – на территории с плотностью населения не выше 100 человек на 1 км², с достаточно высокой долей открытых пространств, при значительной лесистости (не менее 20–30%).

Относительное экологическое равновесие возникает при выполнении трех из пяти условий с обязательной геохимической и биохимической активностью.

Приблизиться хотя бы к относительному или условному равновесию, не требуя специальных крупных капиталовложений, можно, используя территориальные и градостроительные методы.

Глава 2. Экологические законы

Состояние сбалансированности, уравновешенности в эколого-экономической системе является идеальной, трудно достижимой ее характеристикой. Более распространенным ее состоянием, к сожалению, является несбалансированное, неуравновешенное, диспропорциональное развитие, крайняя форма которого проявляется как кризис.

Экологизация города должна быть основана на знании законов развития природы.

Перечислим экологические постулаты.

Закон физико-химического единства живого вещества (В.И. Вернадский): «Все живое вещество едино физико-химически». То, что вредно для одной части живого вещества, не может быть безвредно для другой.

Закон односторонности потока энергии: «Энергия, получаемая экосистемой и усваиваемая продуцентами, рассеивается или вместе с их массой передается консументам, а затем редуцентам с падением потока необратимо».

Правило десяти процентов (Р. Линдеман, 1942 г.): «С одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий ее уровень в среднем около 10% энергии, поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды». Следовательно, в трофических цепях каскадный перенос энергии на следующий, более высокий уровень не должен превышать 10% энергии исходного уровня. Превышение этой доли свидетельствует о начале деградации экосистемы.

Правило биологического усиления (правило токсических веществ): «Вместе с полезными веществами с одного трофического уровня на другой поступают и вредные вещества. Однако, если полезное вещество при его излишке легко выводится из организма, то вредное не только плохо выводится, но и накапливается в пищевой цепи».

Законы Б. Коммонера: «1. Все связано со всем (в законе отражен экологический принцип холизма (целостности)). 2. Все должно куда-то деваться (закон говорит о необходимости замкнутого круговорота веществ и обеспечения стабильного существования биосферы). 3. Природа знает лучше (это закон разумного, сознательного природопользования). 4. Ничто не дается даром (закон

говорит о том, что каждое новое достижение неизбежно сопровождается утратой чего-то прежнего»).

Закон внутреннего динамического равновесия (Н.Ф. Реймерс): «Вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных природных систем и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие функционально-структурные количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств систем, где эти изменения происходят, или в их иерархии».

Вытекающие из закона четыре основных следствия:

1. Любое изменение среды (вещества, энергии, информации, динамических качеств экосистем) неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер. Это следствие согласуется с *принципом Ле-Шателье-Брауна*: *при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, последнее смещается в том направлении, при котором эффект воздействия ослабляется*. На основе этого можно сделать вывод: поскольку биосфера имеет лишь одно устойчивое состояние, единственный способ восстановить действие принципа Ле-Шателье-Брауна – сократить площади антропогенно измененных земель.

2. Взаимодействие вещественно-энергетических экологических компонентов (энергии, газов, жидкостей, субстратов, организмов-продуцентов, консументов и редуцентов), информации и динамических качеств природных систем количественно нелинейно, т.е. слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения в других (и во всей системе в целом). Например, малое отклонение в составе газов атмосферы, ее загрязнение окислами серы и азота вызывают огромные изменения в экосистемах.

3. Производимые в крупных экосистемах изменения относительно необратимы: проходя по их иерархии снизу вверх – от места воздействия до биосферы в целом, – они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень. Это следствие свидетельствует о том, что развитие односторонне, т.к. действует закон вектора развития. Нельзя прожить

наоборот – от смерти к рождению, от старости к юности, нельзя повернуть историю вспять, остановить эволюционный процесс планеты. Эта невозвратность сформулирована в виде закона необратимости эволюции Л. Долло для живого: организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков.

4. Любое местное преобразование природы вызывает в глобальной совокупности биосферы и в ее крупнейших подразделениях ответные реакции, приводящие к относительной неизменности эколого-экономического потенциала (так называемое правило «тришкиного кафтана»), увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастания энергетических вложений.

Следовательно, пока изменения среды слабы и произведены на относительно небольшой площади, они или ограничиваются конкретным местом, или «гаснут» в цепи иерархии экосистем. Но как только перемены достигают существенных значений для крупных экосистем (например, в масштабах больших речных бассейнов), они приводят к существенным сдвигам в этих обширных природных образованиях, а через них – и во всей биосфере в целом. Иногда возникает даже ситуация «чем больше пустынь мы превратим в цветущие сады, тем больше цветущих садов мы превратим в пустыни». При этом в силу нелинейности процессов (следствие 2) опустынивание по темпам значительно опережает создание «цветущих садов», поскольку базируется на нарушении компонентного равновесия в экосистемах.

Закон генетического разнообразия: «Все живое генетически различно и стремится к увеличению биологической разнородности». Биоразнообразие – одно из условий устойчивости среды.

Закон максимизации энергии (Г. Одум, Ю. Одум): «Выживает та система, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует ее наиболее эффективно: накапливает высококачественную энергию, затрачивает ее часть на поступление новой энергии, обеспечивает круговорот различных веществ, создает механизмы регулирования и приспособления к меняющимся условиям, обменивается с другими системами для получения специальных видов энергии».

Закон ограниченности природных ресурсов: «Все природные ресурсы и условия Земли конечны».

Закон константности (В.И. Вернадского): «Количество живого вещества биосферы (для данного геологического периода) –

константа». Закон свидетельствует о том, что любые изменения количества живого вещества в одном из регионов биосферы влечет за собой такое же изменение в другом регионе, но с обратным знаком.

Закон обеднения разнородного живого вещества в островных его сгущениях (Г.Ф. Хильми): «Любые сложные биотические сообщества, сохраняемые среди нарушенной человеком природы на небольших пространствах, обречены на деградацию». Нужны большие буферные зоны, чтобы сохранить биоразнообразие.

Закон оптимальности: «С наибольшей эффективностью любая экосистема функционирует в некоторых пространственно-временных пределах». Необходимо выявлять оптимальные размеры эксплуатируемых природных систем.

Закон падения природно-ресурсного потенциала: «В рамках одного способа производства и одного типа технологий природные ресурсы делаются все менее доступными (все более глубокое залегание, бедные руды), и требуется рост труда и энергии на их извлечение и транспортировку».

Закон снижения энергетической эффективности природопользования: «При получении из природных систем полезной продукции на ее единицу затрачивается все больше энергии».

Принцип естественности: «Технические системы управления природой требуют со временем все большего вложения средств». Экологизация городов, поддержка экологической инфраструктуры, экореконструкции городов, экореставрации ландшафтов – это пути «мягкого» управления природой.

Принцип обманчивого благополучия: «Первые успехи или неудачи в природопользовании могут быть кратковременны, объективный результат получается при взаимодействии природных и антропогенных факторов и сроке 10–30 лет».

Принцип неполноты информации: «Информация при проведении акций по преобразованию природы всегда недостаточна для априорного суждения о результатах в далекой перспективе». Связано это с исключительной сложностью природных систем.

Правило оптимальной компонентной дополнительности: «Никакая экосистема не может самостоятельно существовать при искусственно созданном значительном недостатке или избытке одного из экологических компонентов». «Норма» экологического компонента – то, что обеспечивает экологическое равновесие.

Правило цепных реакций «жесткого» управления природой: «“Жесткое” (техническое) управление природой чревато цепны-

ми природными реакциями, значительная часть которых является экологически, социально и экономически неприемлемыми».

Правило меры преобразования природных систем: «В ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам самоподдерживаться».

Правило внутренней непротиворечивости: «В естественных экосистемах деятельность входящих в них видов направлена на поддержание этих экологических систем как среды своего обитания» [9].

Правило одного процента: «Изменение энергетики природной системы в пределах 1% выводит природную систему из равновесного состояния». Изменение энергетики экосистемы в пределах от нескольких десятых до 3% выводит систему из состояния гомеостаза. Энергетика глобальных экосистем принципиально не может превзойти уровень 0,2% от поступления солнечной энергии без катастрофических последствий. Это непреодолимый порог и лимит для человечества [5].

Положения, которые необходимо учитывать в стремлении приближения городской среды к состоянию равновесия:

- важное значение имеют малые величины, поскольку даже незначительные изменения в единичном и частном могут оказать существенное влияние на поведение экосистемы в целом (например, считается, что слабые загрязнения окружающей среды оказывают менее пагубное влияние, чем концентрированные; однако радиоактивные вещества имеют способность концентрироваться в живых тканях, яды – накапливаться в пищевых цепях, а тяжелые металлы, чем более раздроблены, тем ядовитее);

- существенное значение имеют любые вмешательства в природу, т.е. существует эффект обратных связей (в вещественно замкнутой системе биосферы вмешательства, связанные с получением определенных экономических выгод, всегда сопровождаются обратными отрицательными реакциями со стороны природной среды);

- необходим учет соседних экосистем, которым во многом объясняется резистентность биосферы;

- важен учет эффекта «привыкания» (нарушенные антропогенной деятельностью и успешно самовосстанавливающиеся крупные природные комплексы более устойчивы к антропогенным нагрузкам, чем девственная природа);

- значим эффект «опушки» (разнообразие растительного и животного мира в пограничных зонах биогеоценозов различного ви-

да значительно выше, чем в самих биогеоценозах и, следовательно, природная среда в пределах стыковых зон обладает большей устойчивостью и пластичностью);

- главный экологический принцип в условиях неизбежного прогрессирующего антропогенного изменения природной среды, обоснованной академиком С.С. Шварцем, состоит в том, что биогеоценозы и другие экосистемы в индустриальном и урбанизированном мире не могут быть сохранены в естественном состоянии (кроме особо охраняемых природных территорий – заповедников, заказников, национальных парков).

Однако нет никаких объективных причин для их неизбежной деградации и утраты ими биосферных функций. По мнению С.С. Шварца, преобразования биогеоценозов (БГЦ) на урбанизированных территориях должно быть основано на выполнении следующих условий:

1. Биомасса всех трофических уровней БГЦ максимальна. Преобладание фитомассы над зоомассой, характерное для антропогенных ландшафтов, выражено не резко, что обеспечивает синтез большого количества кислорода и продуктов животного и растительного происхождения.

2. Большому объему продукции БГЦ соответствует его высокая продуктивность. Производство продуктивности и биомассы максимально, что является главной предпосылкой для быстрой компенсации возможных потерь биомассы на отдельных трофических уровнях, возможных в результате случайных или преднамеренных внешних воздействий. Это обстоятельство особенно важно, т.к. высокая продуктивность сама по себе не гарантирует высокую компенсаторную активность.

3. Сложная структура БГЦ в целом и разнородность отдельных его трофических уровней обеспечивают высокую стабильность БГЦ в широком спектре внешних условий. При этом важно сохранить состояние гомеостаза не только для популяций доминирующих видов животных и растений, но и для экосистемы в целом. Поддержание БГЦ в состоянии динамического равновесия обеспечивает состояние гомеостаза и абиотических составляющих БГЦ (гидрологического режима, газового состава атмосферы и др.), что делает экосистему более устойчивой к внешним воздействиям.

4. Высокая скорость обмена веществом и энергией в БГЦ, как предпосылка вовлечения в биотический круговорот всей проду-

цируемой биомассы в течение короткого времени, может обеспечить максимальную скорость биологического самоочищения экосистемы.

5. Высшая продуктивность и стабильность экосистемы – это предпосылка самой высокой степени ее резистентности и гибкости, т.е. способности к быстрой перестройке структуры сообщества живых организмов и к быстрым эволюционным преобразованиям популяций их доминирующих видов при направленном изменении внешней среды. Все это может обеспечить поддержание БГЦ в оптимальном состоянии при изменении среды [2].

Глава 3. Методы охраны и регулирования качества городской среды

§ 1. Самоочищение среды

Самый эффективный, действенный и бесплатный способ борьбы с загрязнением – создание условий для процессов самоочищения городской среды. Создание условий означает ограничение выбросов, сбросов и отходов до объемов, которые природа способна переработать. Так, для естественных процессов самоочищения необходимо разбавлять загрязненную воду чистой в соотношении 1:100.

Самоочищение – естественный процесс, действовавший в гидросфере еще до того, как появились люди. Это сложный процесс биологического обмена веществ, при котором действуют многообразные физические, химические и биологические процессы. Физические процессы: адсорбция – поглощение каких-либо веществ из газообразной среды или раствора поверхностным слоем жидкости или твердого тела; коагуляция – слипание частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле; дисперсия – рассеяние; седиментация – осаждение веществ. Химические процессы – окисление, восстановление и превращение веществ. Большинство этих процессов связано с деятельностью микроорганизмов, в частности, в качестве катализаторов химических реакций активно выступает живое вещество.

Неглубокие реки с бурным течением имеют высокую самоочищающуюся способность. При полном самоочищении в водоеме восстанавливается естественный химический состав воды и

нормальный режим природных биохимических процессов. Реки с медленным течением, с застойными акваториями более подвержены загрязнению и особенно эвтрофикации. Сильно замедляются процессы самоочищения при низких температурах воды, под покровом льда, поскольку биохимическая активность в водоемах в таких условиях понижается в несколько десятков раз. В этих случаях необходимы методы искусственной очистки воды.

Атмосфера не обладает способностью аккумулировать вредные вещества и с течением времени самоочищается.

Мелкие, твердые и жидкие частицы, а также газообразные вещества распространяются в атмосферном воздухе вследствие диффузии. Малая часть загрязнений поднимается на высоту более 3 км. Твердые частицы загрязняющих веществ размером более 0,1 мм оседают на подстилающую поверхность под действием гравитационных сил. Время оборачиваемости составляет около двух недель. Аэрозоли удаляются из атмосферы путем прямого выпадения или же вымываются из нее осадками. Степень рассеивания загрязняющих веществ зависит от метеорологических условий.

В большинстве промышленных районов, где темпы выбросов в атмосферу приближаются к скорости их рассеивания и выпадения, возникают критические ситуации, которые определяют сложность проблемы по очистке воздушного бассейна.

Самоочищение почв практически не происходит или происходит очень медленно. Токсические вещества накапливаются, что способствует постепенному изменению химического состава почв, нарушению единства геохимической среды и живых организмов [4].

§ 2. Система экологических стандартов и нормативов

Система применяемых для охраны окружающей среды и рационального природопользования стандартов и нормативов – это комплекс взаимоувязанных ограничений и требований к качеству окружающей природной среды, а также требований к производственно-технологическим и организационно-управленческим процессам, производимой продукции и услугам, посредством которых гарантируется экологическая безопасность населения и производства, обеспечивается сохранение генетического фонда, а также рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности.

Экологические стандарты и нормативы утверждаются специально уполномоченными органами экологического контроля и управления, санитарно-эпидемиологической службой, а также органами стандартизации и метрологии и приобретают обязательную юридическую силу.

Экологическое нормирование качества окружающей среды – установление нормативов допустимых воздействий человека на природную среду.

Качество окружающей среды – степень соответствия ее характеристик потребностям людей и технологическим требованиям.

Основные нормативы:

- санитарно-гигиенические (ПДК, ПДУ) нормативы качества окружающей среды в Постановлениях главного государственного санитарного врача РФ «Об утверждении гигиенических нормативов» (до 50 нормативных актов);

- производственно-хозяйственные (ПДВ, ПДС) – нормативы допустимого воздействия;

- комплексные (общие) нормативы воздействия на окружающую среду при какой-либо деятельности (допустимая антропогенная нагрузка на окружающую природную среду), нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды, установленные природно-ресурсным законодательством;

- иные экологические нормативы: например, нормативы санитарно-защитных и охранных зон.

Предельно допустимая концентрация ПДК – количество вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и его потомства.

Устанавливаются ПДК максимально разовые (индекс m_r), среднесуточные (c_c), рабочей зоны (p_z).

ПДК m_r – не должны вызывать при вдыхании воздуха в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз).

ПДК c_c – не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неопределенно долгом воздействии.

ПДК p_z – 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.

Единицы измерения – мг/м³ (воздух), мг/л (вода), мг/кг (почва, продукты питания).

Если величина ПДК в различных средах не установлена, действует временный гигиенический норматив ВДК (ОБУВ) – временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) веществ. Устанавливается на срок 2–3 года.

Различные вещества могут оказывать сходное неблагоприятное воздействие на организм, т.е. происходит эффект суммации (диоксид азота и формальдегид; фенол и ацетон; этанол и целая группа органических веществ).

Для токсичных веществ безопасная концентрация определяется соотношением $C/ПДК \leq 1$, где С – фактическая концентрация веществ в среде. Для веществ, обладающих эффектом суммации, сумма таких отношений не должна превышать единицу.

Вредные вещества могут взаимно усиливать действие разных веществ – синэргетический эффект. Сернистый ангидрид ослабляет защитные механизмы дыхательной системы и тем самым делает организм более восприимчивым к канцерогенам, поэтому неблагоприятное воздействие от их совместного присутствия возрастает примерно в два раза.

Нормативы представлены в следующих документах: ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (гигиенический норматив); СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест»; ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования»; СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».

ПДУ – предельно допустимый уровень излучения, теплового загрязнения, шума и вибрации – это уровень, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда.

Нормативы представлены в следующих документах: СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям» – по электромагнитному воздействию; СанПиН II-12-77 «Нормы проектирования. Защита от шума»; СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

ПДС – предельно допустимый сброс, г/с.

ПДВ – предельно допустимый выброс, г/с.

Эти величины характеризуют нагрузку, оказываемую предприятием на ОС в единицу времени, и должны обязательно входить в экологический паспорт предприятия.

ПДС – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается сбрасывать данным конкретным предприятием в водоем, не вызывая при этом превышения в нем ПДК загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

ПДВ – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается выбрасывать данным конкретным предприятием в атмосферу, не вызывая при этом превышения в нем ПДК загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

ПДВ определяется как произведение коэффициента разбавления загрязняющего вещества K_p ($\text{м}^3/\text{с}$) на значение ПДК этого вещества, содержащегося в выбрасываемом в атмосферу газе. $\text{ПДВ} = K_p \cdot \text{ПДК}$. Под коэффициентом разбавления понимают объем чистого воздуха, необходимый для разбавления, выбрасываемого в 1 секунду загрязненного вещества до концентрации, допускаемой санитарными нормативами ПДК.

Предельно допустимый сброс определяется как произведение максимального часового расхода сточных вод $Q_{\text{ст}}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) на его предельно допустимое значение. $\text{ПДС} = Q_{\text{ст}} \cdot \text{ПДК}$.

Разработка нормативов ПДВ осуществляется в соответствии с рекомендациями пособия к СНиП 11-01-95 по разработке раздела проектной документации «Охрана окружающей среды».

Экологические требования к сбросу сточных вод – в СанПиН 2.1.5.980-00.

Еще одна группа нормативов – «Стандарты на системы управления качеством окружающей природной среды на предприятиях» (ГОСТ Р ИСО 14000). Особенность этих стандартов в том, что объектом нормирования здесь выступают не отдельные экологические характеристики выпускаемой продукции или технологических процессов, а в целом организационно-управленческий процесс на предприятии. Таким образом, гарантируется необходимый уровень экологической безопасности и соблюдение природоохранных требований на всем пути: от разработки изделия, поставки сырья и оборудования, набора и обучения персонала, самого про-

изводственного процесса и далее реализации продукции, безопасной утилизации отработавших свой срок изделий.

§ 3. Защита атмосферы от вредных выбросов

Для охраны воздушного бассейна от негативного антропогенного воздействия в виде загрязнения его вредными веществами используют следующие меры защиты:

- экологизацию технологических процессов;
- очистку газовых выбросов от вредных примесей;
- рассеивание газовых выбросов в атмосфере с помощью высоких дымовых труб;
- обжиг угля (для удаления серы);
- термическую нейтрализацию – сжигание газов или нагревание до такой температуры, когда наблюдается их ионизация;
- устройство санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочные решения (при строительстве предприятий учитывают розу ветров и расположение населенных пунктов) и др.

Наиболее радикальная мера охраны воздушного бассейна от загрязнения – экологизация технологических процессов и в первую очередь создание замкнутых технологических циклов, безотходных и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных загрязняющих веществ.

Первоочередная задача – борьба с загрязнением атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей. В настоящее время ведется активный поиск более экологически чистого топлива, чем бензин. Рассматриваются его заменители: газовое топливо, метиловый спирт (метанол), малотоксичный аммиак и идеальное топливо – водород. Продолжаются разработки по замене карбюраторного двигателя на более экологичные типы – дизельный, паровой, газотурбинный и др. На данный момент карбюраторных двигателей не выпускают (исключение – военная техника), а изготавливают инжекторные (впрысковые) двигатели.

Нынешний уровень экологизации технологических процессов еще недостаточен для полного предотвращения газовых выбросов в атмосферу, поэтому повсеместно используются различные методы очистки отходящих газов от аэрозолей (пыли) и токсичных газо- и парообразных примесей (NO , NO^2 , SO^2 , SO^3 и др.).

Очистка выбросов от аэрозолей:

- сухие пылеуловители (циклоны, пылеосадительные камеры) предназначены для грубой механической очистки выбросов от крупной и тяжелой пыли; принцип работы – оседание частиц под действием центробежных сил и сил тяжести;

- мокрые пылеуловители (скрубберы, турбулентные, газопро-мыватели и др.) требуют подачи воды и работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции и броуновского движения;

- фильтры (тканевые, зернистые) способны задерживать мел-кодисперсные частицы пыли до 0,05 мкм; особенно эффективны рукавные фильтры с тканями из синтетических волокон повышенной термостойкости (250–300 °C);

- электрофильтры – наиболее совершенный способ очистки га-зов от взвешенных в них частиц пыли размером до 0,01 мкм при высокой эффективности очистки газов (99,0–99,5%); принцип ра-боты всех электрофильтров основан на ионизации пылегазового потока у поверхности коронирующих электродов.

Для современного производства требуется, как правило, много-ступенчатая очистка. При широкой номенклатуре примесей (от пыли до соединений меди и ртути) используются сухие и мокрые пылеуловители, адсорбенты и абсорбенты, рукавные фильтры, электрофильтры и т.д.

Способы очистки выбросов от токсичных газо- и парообразных примесей (NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 и др.):

1. Каталитический метод – применение реагентов, которые вступают во взаимодействие с газами, ускоряющими их процесс нейтрализации. Введение в систему веществ-катализаторов с целью превращения токсичных компонентов промышленных выбро-сов в вещества, безвредные или менее вредные для окружающей среды. Палладиевые и ванадиевые катализаторы обеспечивают дожигание оксида углерода, добавление аммиака приводит к вос-становлению оксидов азота до элементарного азота.

2. Абсорбционный метод – поглощение вредных газообразных примесей жидким поглотителем (абсорбентом). В качестве абсор-бента используют воду, растворы щелочей (сода), аммиака и др. Газообразные цианистые соединения абсорбируют, например, 5-процентным раствором железного купороса.

3. Адсорбционный метод – это извлечение вредных компонен-тов из промышленных выбросов адсорбентами – твердыми телами

с ультрамикropористой структурой (активированный уголь и глинозем, силикагель, цеолиты и т.п.).

4. Биохимический метод – использование микроорганизмов, которые в результате жизнедеятельности выделяют ферменты, способствующие нейтрализации газов.

Санитарно-защитная зона – это полоса отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Ширина этих зон от 50 до 1000 м и зависит от класса производства, степени вредности и количества выделенных в атмосферу веществ. Например, для цементных заводов производительностью более 150 тыс. т цемента в год (I класс производства) ширина зоны – 1000 м, а для предприятий по изготовлению камышита (V класс производства) – 50 м. Санитарно-защитная зона должна быть озеленена газоустойчивыми породами деревьев и кустарников, например, акацией белой, тополем канадским, елью колючей, шелковицей, кленом остролистным и т.д. Один гектар зелени улавливает десятки тонн пыли. На расстоянии 500 м от предприятия загрязнение воздуха соединениями NO_2 , SO_2 , H_2S в три-четыре раза ниже при озеленении, чем без него.

Следует больше времени проводить на природе, широко использовать комнатные растения. Растения способны в течение 24 часов поглотить до 87% воздушных загрязнений, в том числе формальдегид, бензол.

§ 4. Защита вод от загрязнения

Экозащитные мероприятия:

- развитие безотходных и безводных технологий и систем оборотного водоснабжения;
- очистка сточных вод (промышленных, коммунально-бытовых и др.);
- закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты;
- очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей.

Оборотное водоснабжение – в его систему включают ряд очистных сооружений и установок, что создает замкнутый цикл использования сточных вод, которые при таком способе все время находятся в обороте и не попадают в поверхностные водоемы.

Способы очистки сточных вод:

- механический;
- физико-химический;
- химический;
- биологический и др.

Механический способ – процеживание, отстаивание и фильтрование (например, через слой песка толщиной 1,5 м): из промстоков удаляется до 90% нерастворимых механических примесей: песок, глинистые частицы, окалина и др., а из бытовых стоков – до 60%. Для этого применяются решетки, песколовки, песчаные фильтры, отстойники различных типов. Вещества, плавающие на поверхности сточных вод (нефть, смолы, масла, жиры, полимеры и др.), задерживают нефте- и маслоловушками и другого вида уловителями либо выжигают.

Химический способ – нейтрализация и окисление. Для нейтрализации кислот и щелочей в сточные воды в одном случае вводят специальные реагенты (известь, кальцинированную соду, аммиак), во втором – различные окислители, которые освобождают сточные воды от токсичных и других компонентов (окислитель – кислород, восстановитель – хлорит).

Физико-химический способ:

- коагуляция – введение коагулянтов (солей аммония, железа, меди, шламовых отходов и пр.) для образования легко удаляемых хлопьев;
- сорбция – способность некоторых веществ (бентонитовые глины, активированный уголь, цеолиты, силикагель, торф и др.) поглощать загрязнение;
- флотация – пропуск через сточные воды воздуха: газовые пузырьки захватывают при движении вверх поверхностно-активные вещества, нефть, масла и пр. и образуют на поверхности воды легко удаляемый пенообразный слой.

Биологический (биохимический) метод – основан на способности искусственно вселяемых микроорганизмов использовать для своего развития органические и некоторые неорганические соединения из сточных вод (сероводород, аммиак, нитриты и т.д.).

Очистку ведут с помощью естественных методов (поля орошения, поля фильтрации, биопруды и др.) и искусственных методов (аэротенки, метатенки, биофильтры, циркуляционные окислительные каналы). После осветления сточных вод образуется осадок, который сбрасывают в железобетонных резервуарах (метатенках),

а затем удаляют на иловые площадки для подсушивания. Осветленная часть сточных вод очищается в аэротенках – специальных закрытых резервуарах, через которые пропускают стоки, обогащенные кислородом и смешанные с активным илом. Активный ил представляет собой совокупность гетеротрофных микроорганизмов и мелких беспозвоночных животных (плесени, дрожжей, водных грибов, коловраток и др.), а также твердого субстрата. В аэротенках и биофильтрах специальные культуры микроорганизмов (активный ил) при усиленной отдаче кислорода справляются с загрязнением в 2–3 раза быстрее. Аэротенки и биофильтры занимают в 100–150 раз меньше места и значительно более производительны, чем земледельческие поля орошения и поля фильтрации.

Основным недостатком биологической очистки является ее малая пригодность для обезвреживания многих промышленных стоков (в частности анилино-красочной промышленности, стоков, содержащих соли тяжелых металлов), а также стоков с биогенными веществами – фосфатами и нитритами. Именно поэтому в последние годы все больше внимания уделяется созданию и внедрению эффективных физико-химических методов очистки.

Стоимость очистки сточных вод многократно возрастает по мере повышения степени очистки и при переходе от биологического к физико-химическим методам очистки [2].

После вторичного отстаивания сточные воды обеззараживают (дезинфицируют) с помощью соединений хлора или других сильных окислителей. При этом способе (хлорировании) уничтожаются патогенные бактерии, вирусы, болезнетворные микроорганизмы, после чего воды можно использовать в оборотном водоснабжении либо сбрасывать в поверхностные водоемы.

Специальные методы очистки:

- выделение солей (вода питьевого качества должна содержать не более 1000 мг/л солей, из них хлоридов – 350 мг/л, сульфатов – 500 мг/л);
- дистилляция (выпаривание);
- вымораживание (при медленном охлаждении соленой воды из нее в первую очередь выделяются кристаллики льда, практически не содержащие солей);
- мембранный метод;
- ионный метод.

Активно используются эффективные методы, способствующие экологизации процессов очистки вод:

- электрохимический метод – основан на процессах анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции и электрофлотации;
- мембранные процессы очистки (ультрафильтры, электродиализ и др.);
- магнитная обработка, улучшающая флотацию взвешенных частиц;
- радиационная очистка воды, позволяющая в кратчайшие сроки подвергнуть загрязняющие вещества окислению, коагуляции и разложению;
- озонирование, при котором в сточных водах не образуется веществ, отрицательно воздействующих на естественные биохимические процессы;
- внедрение новых селективных типов сорбентов для избирательного выделения полезных компонентов из сточных вод с целью вторичного использования.

Строительство очистных сооружений чрезвычайно дорого (до 20–30% от стоимости промышленного комплекса в целом). Главный недостаток любой системы очистки – в том, что она ничего не производит, а лишь возвращает природе то, что было у нее взято. Иное дело системы реутилизации, оборотное водоснабжение, безотходная технология, переходу к которой способствует совершенствование технологических циклов.

Питьевое водоснабжение – метод обеззараживания в нашей стране хлором. Очистка от других опасных веществ основывается на сорбционных процессах, когда применяются активированные угли или графитоминеральные сорбенты.

§ 5. Решение проблемы отходов

Проблема отходов решается тремя способами:

1. Захоронением на полигонах, где подстилающие породы – глины.
2. Применением мусоросжигательных заводов. Они мало распространены из-за повышенной концентрации диоксинов и других вредных веществ в золе.
3. Использованием мусороперерабатывающих заводов.

Широко развито использование полигонов для организованного хранения и обезвреживания отходов.

Место выбирают в стороне от людских селений, подыскивая ложбину с глинистой материнской породой, не проницаемой для

воды. Ложбину углубляют до глинистого горизонта. В ложбину вживляются бетонные трубы с дренажами и желобами, по которым текут ядовитые фильтраты. Их соберут в стоки и направят на станции очистки.

Мусор валят слоями, обезвреживают химикатами, прессуют тяжелыми катками, засыпают прослойками почвы, вновь закладывают начинку отходов, как в пирожном «Наполеон», пока ложбина не переполнится. Тогда полигон консервируют, засыпая плодородной почвой и высаживая деревья.

Самым экологичным видом борьбы с отходами является мусороперерабатывающий завод. Недостаток – малая механизация сортировочного процесса.

Технологическая схема работы мусороперерабатывающего завода следующая. Первый этап – термическая обработка отходов (температура 55–60 °С). При данной температуре происходит биохимическое окисление – погибают болезнетворные микроорганизмы и паразиты. Следующие этапы – разделение отходов на фракции – в разные бункеры сортируются черные металлы, цветные металлы, стекло, пленка и т.д. Конечный продукт – компост.

Глава 4. Экологизация зданий

Для достижения экономии энергии используется устройство дополнительной теплоизоляции снаружи или внутри здания. Для теплоизоляции применяют готовые панели из искусственного (пенополистерол, пенополиуритан и др.) и естественного (минеральная вата, древесноволокнистые плиты и т.д.) материалов. Динамическая теплоизоляция наружных стен более сложна, основана на обеспечении циркуляции свежего воздуха в сквозных вертикальных пустотах в стенах и его нагреве от тепла, проникающего в стену от системы солнечного отопления и изнутри здания от традиционных систем отопления.

Большое значение имеет конструкция окон. Стекла заменяют вакуумными стеклопакетами (двух- или трехслойными), рамы окон утепляют твердым пенополистиролом, на окна устанавливают энергосберегающие жалюзи с высокими тепло- и звукозащитными свойствами и системой электронного управления.

Экологическая модернизация жилищ заключается в снабжении реконструируемых зданий обратным водоснабжением (для хо-

зяйственных нужд), биореактором (сырьем для которого служит бытовой мусор), гелиоустановками (их мощность достаточна для отопления зданий в сравнительно мягком климате), установкой для компостирования прочих отходов, системой вертикального озеленения зданий, комплексным обводнением и благоустройством дворов и т.д.

Глава 5. Экологизация пространственной структуры города

Зонирование территории – это деление территории на зоны. При градостроительном зонировании территория муниципального образования делится на территориальные зоны (ст. 1 Гражданского кодекса РФ). Территориальные зоны – это зоны, для которых в правилах землепользования и застройки определены границы и установлены градостроительные регламенты.

Статьей 35 Гражданского кодекса РФ, а также статьей 85 Земельного кодекса РФ определены виды территориальных зон следующего функционального назначения:

- 1) жилые;
- 2) общественно-деловые;
- 3) производственные;
- 4) инженерной и транспортной инфраструктур;
- 5) рекреационные;
- 6) сельскохозяйственного использования;
- 7) специального назначения;
- 8) военных объектов, иные зоны режимного назначения.

Рекреационные зоны включают в себя парки, сады, городские леса, лесопарки, пляжи, скверы, городские сады, пруды, озера, водохранилища, а также территории, используемые и предназначенные для отдыха, туризма, занятий физической культурой и спортом.

На территории городских поселений и городских округов выделяются зоны особо охраняемых территорий.

В целях охраны окружающей среды на территориях городских поселений создаются зеленые зоны (ст. 44 «Закона об охране окружающей среды»). Зеленые зоны города выполняют функции экологического, санитарно-гигиенического и рекреационного назначения. Кроме того, зеленые зоны, расположенные в кварталах и микрорайонах городских поселений, могут быть защитными и ох-

ранными зонами, в том числе объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (ст. 52). Совокупность зеленых зон составляет зеленый фонд городских поселений (ст. 61).

Зонированием территории регулируется качество окружающей среды, т.к. оно направлено на предотвращение чрезмерной концентрации населения и производства, на уменьшение загрязнений окружающей среды, охрану особо охраняемых природных территорий и защиту населения от воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [10].

Пространственная структура экологизированного каркаса населения характеризуется равномерной сетью населенных мест со связями между ними и зонами развития (в том числе с экологическими коридорами), экологического равновесия, буферной и компенсационной. В зоне наибольшей хозяйственной активности допускается максимальное воздействие на биосферу. В зоне экологического равновесия должна быть сеть природных парков, охраняемых ландшафтов с лесистостью не менее 40–50%, с комплексом по очистке стоков, с поддержанием популяций животных и птиц, должны быть запрещены рубки леса (кроме санитарных), ограничены размещения промышленных предприятий, городского и транспортного строительства. В буферной зоне для компенсации экологической неполноценности и обеспечения в перспективе экологического равновесия должны охраняться ландшафты с лесистостью не менее 30%. Наименее освоенные ландшафты с низкой плотностью населения считаются компенсационными зонами.

Для городов с населением свыше 1 млн человек ширина зоны ограниченного развития должна быть 35–40 км, с населением 0,5–1 млн человек – 25–30 км, с населением 100–500 тыс. человек – 20–25 км. За зоной ограниченного развития располагается зона активного развития. Для городов с населением 100–500 тыс. человек ее ширина в среднем составляет 35–50 км. Указанные зоны связаны с размерами экологического следа.

Городу необходимы прилегающие высокопродуктивные природные территории с большим облесением, чтобы быстрее и эффективнее перерабатывать загрязнения. Если вокруг поселений таких территорий нет, например из-за сурового климата, то расстояния между соседними поселениями должны существенно увеличиваться (в тундре, на пустынных территориях, где нет высокопродуктивных насаждений).

Устойчивости экологической инфраструктуры большой территории способствует экологический (природный) каркас, в который входит система (сеть) объединенных и переходящих друг в друга участков природы различной площади.

В естественной природе существуют непреодолимые и частично непреодолимые преграды (океаны, моря, реки, пустыни, высокие горы) между отдельными крупными (материки) и менее крупными территориями. Их роль в истории Земли, в естественной эволюции очень велика. Благодаря этим преградам были созданы уникальные биоценозы, отличающиеся видовым разнообразием. Природа негативно реагирует на искусственное преодоление этих естественных барьеров с помощью человека и на обратный процесс – возведение преград на путях естественной миграции животных.

В современном урбанизированном мире создано много искусственных сооружений, которые затруднили или вообще исключили возможности тесного взаимодействия участков природы в системе природного каркаса. Вместо сети постоянных путей миграции животных построены сети коммуникаций, служащие для перемещения людей и грузов, перекачки нефти и газа, передачи электроэнергии и т.д. Иногда эти сети буквально повторяют пути миграции животных. Все транспортные магистрали соединяют места расселения (крупные и мелкие города, поселки) в каркас. Данный каркас мест расселения, включающий в себя в идеале систему зон, окружающих города, накладывается на природный каркас. При этом наиболее продуктивные элементы природного каркаса включаются в каркас мест расселения в качестве компонентов, усваивающих загрязнение. Каркас мест расселения со связями-коммуникациями, наложенный на природный каркас, не только изменяет условия существования природы, но и прерывает пути природных коммуникаций искусственными связями; поэтому для обеспечения взаимодействия природных территорий необходимо устройство специальных экологических коридоров.

Экологические коридоры в масштабе крупной территории – это участки экологического каркаса, соединяющие отдельные территории естественной природы, разделенные искусственными сооружениями, в систему (сеть) и выполняющие функции естественных путей коммуникации между соединяемыми территориями. Эти коридоры должны служить для естественной миграции животных, растений (в основном семян), свободного движения масс воздуха, воды, а также, возможно, и других элементов при-

роды, например физических полей. Одним из видов являются зеленые коридоры – озелененные переходы.

Экологические коридоры – это один из полезных компонентов, противостоящих обеднению живого вещества и поддерживающих биоразнообразие. Одним из простых видов коридоров являются проходы под дорогами для миграции животных. Экологические коридоры чрезвычайно разнообразны, и их разнообразие может увеличиться в результате усиления техногенных воздействий на природу. Экологическими коридорами нужно считать и пути свободной сезонной миграции птиц, т.к. урбанизация территорий ведет к осложнениям этого передвижения ввиду возведения крупных городов, высотных зданий и сооружений на путях перелета птиц.

Природные и улучшенные культурные ландшафты, объединенные зелеными коридорами, являются основой экологического каркаса города.

Идеальный экологический каркас города и региона должен иметь вид сети с равномерно распределенными по площади «ячейками» природы, включающими в себя все компоненты естественных и культурных ландшафтов – леса, парки, реки, озера, луга, лощины, возвышенности, скверы, сады и т.д. Коридорами – стержнями, соединяющими ячейки, могут быть также естественные компоненты – реки, ручьи, лесополосы, клинья лесов и лугов и другие протяженные и узкие природные объекты. При их отсутствии необходимо создание культурных зеленых коридоров, которое может сопровождаться формированием новых «ячеек» каркаса, если их площадь на территории города мала или их число невелико.

Культурные ландшафты города, улучшенные с помощью фитомелиорации, могут стать устойчивыми островами здоровой среды жизни в сложной мозаике городских ландшафтов, включающей в себя «мертвые», сильно- и слабонарушенные, а также естественные ландшафты. Как правило, зеленые и промышленные зоны распределены в плане города неравномерно и во многом случайно. Это не позволяет создать хороший экологический каркас и в итоге – нужное, экологически обоснованное качество среды. В этом случае необходимы замещающие длительные экологические реставрация и реконструкция.

Культурные зеленые коридоры можно создавать в сложившейся структуре городской застройки несколькими способами:

- снося малоценные здания и сооружения и устраивая на их месте зеленые коридоры;

– переводя линейные инженерные объекты под землю при неглубоком заложении и устраивая зеленые коридоры на ранее занятой ими территории;

– строя специальные коридоры (переходы) над и под магистралями; эти переходы представляют собой грунто-заполненные конструкции с регулярными железобетонными ящиками.

При экореконструкции можно предусматривать устройство зеленых коридоров в комплексе с другими решениями по экологичным зданиям и инженерным сооружениям. Зеленые переходы особенно рационально выполнять вблизи школ и других детских учреждений.

Придание существующему неэкологичному городу экологических свойств необходимо осуществлять путем вытеснения и замещения старых, не представляющих исторической ценности объектов. Такое замещение должно носить мягкий, постепенный характер. Наиболее эффективны при этом следующие мероприятия: перенос объектов в подземное пространство; индустриальное перемещение за территорию города; ликвидация объектов; смена способа использования; экологическая реконструкция; экологическая реставрация ландшафтов.

Экологичная архитектурно-ландшафтная среда города играет важнейшую роль не только в обеспечении высокого качества городской среды жизни и экологического равновесия, но и в экологическом воспитании средствами архитектуры жителей города, удовлетворении их потребностей и поддержании более устойчивого развития городов.

Глава 6. Экологический мониторинг

Важнейшим элементом стратегии управления качеством окружающей природной среды является создание системы, способной определять наиболее критические источники и факторы антропогенного воздействия на здоровье населения и окружающую природную среду, выделять наиболее уязвимые элементы и звенья биосферы, подверженные такому воздействию.

Такой системой признана система мониторинга антропогенных изменений состояния окружающей природной среды, способная представить необходимую информацию для принятия решений соответствующими службами, ведомствами и организациями.

Первым шагом в этом направлении стала конференция ООН по охране окружающей среды в Стокгольме в 1972 г. Одним из важных решений Стокгольмской конференции была рекомендация по созданию глобальной системы мониторинга окружающей среды.

В 1974 г. в Найроби была образована межправительственная комиссия по системе глобального мониторинга, разработана первая схема организации мониторинга антропогенных загрязнителей. Тогда же был уточнен список наиболее опасных загрязнителей для учета их при организации мониторинга. Загрязнители оценивались по различным критериям, в том числе по воздействию на здоровье человека; влиянию на климат или экосистемы; склонности к разрушению в природной среде; способности накапливаться в пищевых цепях; возможности химической трансформации во вторичные токсические или мутагенные вещества и др.

В настоящее время в России создана и функционирует Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Таким образом, объектом мониторинга является окружающая природная среда.

Задачи и цели мониторинга окружающей природной среды включают:

- наблюдение за состоянием окружающей среды;
- выявление факторов и источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- определение степени антропогенного воздействия на окружающую среду;
- оценку и прогнозирование состояния окружающей среды.

В соответствии со статьей 1 «Закона об охране окружающей среды» мониторинг окружающей среды, или экологический мониторинг, – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Выделяют три ступени экологического мониторинга:

1. Импактный – отслеживание источников антропогенного воздействия, под которыми понимаются источники эмиссии (выделения) веществ, энергии и излучений в природные среды, а также изъятие природных ресурсов. Данный вид мониторинга направлен на оценку экологических последствий от различного рода источников воздействия на локальном уровне и предусматривает проведение измерений химического состава компонентов природной

среды, физических полей и других параметров, характеризующих состояние природной среды.

2. Локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический) – изучение сильных воздействий в локальном масштабе. Выполняет контроль за содержанием токсичных для человека химических веществ и других загрязнителей в атмосфере, природных водах, растительности, почве, подверженных воздействию конкретных источников загрязнения. При локальном мониторинге состояние окружающей среды оценивается с точки зрения здоровья человека. При этом организовывать проведение локального мониторинга должны природоохранные службы предприятия.

3. Региональный (геоэкологический, природно-хозяйственный) – выявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона.

4. Глобальный (биосферный, фоновый) предназначен для определения глобально-фоновых изменений в окружающей природной среде под усиливающимся антропогенным воздействием. Последствиями антропогенного воздействия на биосферу могут быть изменения циркуляции газов между океаном и воздушной оболочкой Земли, погодно-климатических условий на планете, нарушение озонового слоя, загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, нарушение естественных мест обитания и путей миграции в животном мире, нарушение биогеоценозов.

Локальный мониторинг ограничен небольшой территорией. В него входят наблюдения за изменением в различных сферах содержания загрязняющих веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными и иными неблагоприятными свойствами. Постоянным наблюдениям подвергаются следующие загрязняющие вещества, наиболее опасные для природных экосистем и человека:

- в поверхностных водах – радионуклиды, тяжелые металлы, пестициды, бенз(а)пирен, рН, минерализация, азот, нефтепродукты, фенолы, фосфор;

- в атмосферном воздухе – оксиды углерода, азота, диоксид серы, озон, пыль, аэрозоли, тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бенз(а)пирен, азот, фосфор, углеводороды;

- в биоте – тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бенз(а)пирен, азот, фосфор.

Тщательно исследуются такие вредные физические воздействия, как радиация, шум, вибрация, электромагнитные поля и др.

Большое внимание уделяется наблюдениям за ростом врожденных дефектов в популяциях человека и за динамикой генетических последствий загрязнения биосферы, в первую очередь мутагенов.

Пункты экологических наблюдений располагаются в местах концентрации населения и районах интенсивной его деятельности.

При региональном (геосистемном) мониторинге наблюдения ведут за состоянием экосистем крупных природно-территориальных комплексов (бассейнов рек, лесных экосистем, агроэкосистем), где имеются отличия параметров от базового фона ввиду интенсивных антропогенных воздействий. Изучают трофические связи, оценивают возможность использования ресурсов природных экосистем в конкретных видах деятельности.

Глобальный мониторинг – обеспечение наблюдения, контроля и прогноза возможных изменений в биосфере в целом. Объектами глобального мониторинга является атмосфера, гидросфера, растительный и животный мир и биосфера в целом как среда жизни всего человечества. Разработка и координация глобального мониторинга окружающей среды осуществляется в рамках ЮНЕП и Всемирной метеорологической организации (ВМО).

Основными целями программы являются:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка влияния глобального загрязнения атмосферы на климат;
- оценка количества и распределения загрязнения в биологических системах, особенно в пищевых цепочках;
- оценка критических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования;
- оценка реакции наземных экосистем на воздействие антропогенных факторов;
- оценка загрязнения Мирового океана и влияние загрязнения на морские экосистемы;
- создание системы предупреждений о стихийных бедствиях в международном масштабе.

Наблюдения ведутся в биосферных заповедниках.

Составной частью государственного экологического мониторинга является мониторинг состояния отдельных природных ресурсов и территорий: мониторинг атмосферного воздуха, земель, лесов, водных объектов, объектов животного мира, уникальной экологической системы Байкал, континентального шельфа РФ, со-

стояния недр, исключительной экономической зоны РФ, внутренних морских вод и территориального моря РФ. Проведения мониторинга за конкретными природными ресурсами регламентируется соответствующим природоресурсным законодательством.

Основной объем наблюдений выполняет Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей природной среды (Росгидромет России) и имеет наиболее разветвленную сеть станций наблюдений, пунктов и постов. Наблюдения также могут вести другие ведомства (Госгортехнадзор, Госсанэпиднадзор, Российское космическое агентство и др.).

Система гидрометеорологического мониторинга до недавнего времени насчитывала более 1800 гидрометеостанций, около 3,5 тыс. наблюдательных постов, 42 гидрометеорологические обсерватории, более 190 авиаметеорологических и около 150 аэрозольных станций. В системе используются для получения необходимой информации как национальные («Метеор», «Океан», «Прогноз»), так и международные космические комплексы и аппараты.

В соответствии с приведенными определениями и возложенными на систему функциями, мониторинг включает несколько основных процедур:

- выделение (определение) объекта наблюдения;
- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление информационной модели для объекта наблюдения;
- планирование измерений;
- оценка состояния объекта наблюдения и идентификация его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- представление информации в удобной для пользователя форме и доведение ее до потребителя.

§ 1. Экологический мониторинг атмосферного воздуха

В России организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах осуществляется в соответствии с ГОСТом 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов».

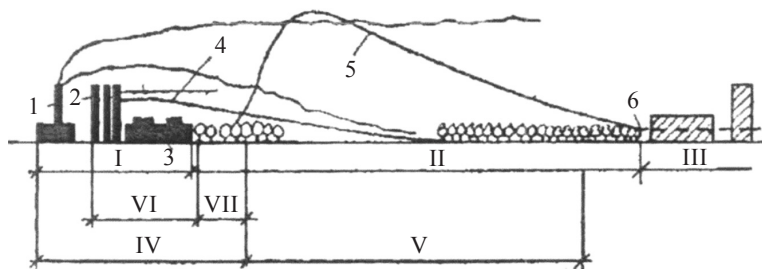
Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на постах. *Постом* наблюдения является выбранное место (точка) местности, где размещают павильон или автомобиль, оборудо-

ванные соответствующими приборами. Устанавливаются посты наблюдения трех категорий: стационарные; маршрутные; передвижные (подфакельные).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для анализа. *Маршрутный пост* предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно или нецелесообразно установление стационарного поста или необходимо более детальное изучение состояния воздуха в отдельных районах. *Передвижной (подфакельный) пост* предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов.

Помимо наблюдений в городах, ведутся наблюдения за пределами урбанизированных территорий, в том числе и в заповедниках, которые позволяют оценить фоновое загрязнение, возникающее в результате переноса загрязняющих веществ атмосферными потоками, а по отдельным станциям – естественное фоновое содержание веществ в атмосфере.

На рисунке цифрами обозначены зоны загрязнения атмосферного воздуха вокруг промышленного узла: I – промышленная площадка; II – санитарно-защитная зона; III – жилой район; IV – зона переброса факела загрязненного воздуха из высоких источников; V – зона наибольшего загрязнения от выбросов через высокие трубы; VI – зона загрязнения от низких, затененных источников; VII – наиболее благоприятный участок для застройки; 1 – высокие выбросы (трубы); 2 – открыто расположенное технологическое оборудование; 3 – низкие затененные выбросы; 4 – максимальные концентрации вредных веществ от низких выбросов; 5 – максимальные концентрации вредных веществ от высоких выбросов; 6 – ПДК населенных мест; 7 – ПДК промплощадки (рекомендуется принимать 0,3 от ПДК рабочей зоны) [3, с. 66].



В России существует сеть станций, которые ведут наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в атмосфере. Эти станции расположены в 253 городах, в среднем по 2 станции на город. Наблюдениями охвачено до 2/3 городского населения. Число стационарных постов определяется в зависимости от численности населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации. В зависимости от численности населения устанавливается: 1 пост – до 50 тыс. жителей; 2 поста – 50–100 тыс. жителей; 2–3 поста – 100–200 тыс. жителей; 3–5 постов – 200–500 тыс. жителей; 5–10 постов – более 500 тыс. жителей; 10–20 постов (стационарных и маршрутных) – более 1 млн жителей.

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из 4 программ наблюдений:

- *полной* (П) – для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях; наблюдения выполняются непрерывно (автоматическими устройствами) или дискретно не менее 4 раз при обязательном отборе в 1, 7, 13, 19 ч.;

- *неполной* (НП) – для получения информации о разовых концентрациях, ежедневно в 7, 13, 19 ч.;

- *сокращенной* (СС) – для получения информации только о разовых концентрациях, ежедневно в 7 и 13 ч.;

- *суточной* (С) – для получения информации о среднесуточной концентрации; проводится путем непрерывного суточного отбора проб и не позволяет получать разовые значения концентрации.

Одновременно с отбором проб воздуха определяются следующие метеорологические параметры:

- направление и скорость ветра;
- температуру воздуха;
- характеристики подстилающей поверхности и т.д.

В период неблагоприятных метеоусловий, сопровождающихся значительным возрастанием содержания примесей до высокого уровня загрязнения, наблюдения проводятся через каждые 3 часа. Реальность, однако, может вносить существенные коррективы: ненадежная работа приборов и нерадивость персонала, а также многочисленные реорганизации и сокращения персонала фактически сводят на нет указанные программы.

В основу системы наблюдений положены регулярность, единство программы наблюдений, репрезентативность положения стационарного поста. Обработка данных производится в Главной ге-

офизической обсерватории имени А.И. Воейкова в Санкт-Петербурге. Обычно на каждом посту измеряется до 8 загрязняющих веществ, но, учитывая, что каждый промышленный центр имеет свою экологическую специфику и набор загрязняющих веществ, возможно измерение до 80 компонентов.

Прерогатива контроля источников загрязнения (выбросов, труб и т.п.) принадлежит отделам охраны окружающей среды самих предприятий в контакте с санитарно-гигиеническими службами. Остальные три уровня контроля выполняются службами, институтами и учреждениями Роскомгидромета.

Перечень веществ для измерения на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов источников загрязнения, а также метеорологических условиях рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ. Принцип выбора вредных веществ и составления списка приоритетных для контроля веществ основан на использовании параметра потребления воздуха (ПВ):

– реального $PВ_i = M_i/q_i$;

– требуемого $PВ_{Ti} = M_i / ПДК_i$, где M_i – суммарное количество выбросов i -й примеси от всех источников; q_i – концентрация, установленная по данным расчетов или наблюдений; $ПДК_i$ – предельная допустимая концентрация i -й примеси.

Если $PВ_{Ti} > PВ_r$, то ожидаемая концентрация примеси в воздухе может быть равна ПДК или превысить ее, следовательно, данная примесь должна контролироваться. Перечень веществ для организации наблюдений устанавливается сравнением $PВ_i$ с $PВ_{Ti}$ для средних и максимальных разовых концентраций примесей.

Для выявления необходимости наблюдений за i -й примесью с использованием параметра ПВ предлагается графический метод: рассматривается семейство линий по заданным значениям потенциала загрязнения атмосферы и характерного размера города.

После выбора основных примесей, подлежащих контролю, определяется очередность организации контроля за специфическими примесями, выбрасываемыми разными источниками. Первой в список контролируемых примесей входит примесь с наибольшим значением $PВ_{Ti}$, второй – с меньшим значением $PВ_{Ti}$; и т.д. Так составляется первый предварительный список примесей. Если несколько примесей имеют одинаковые значения $PВ_{Ti}$, то сначала

записывается примесь первого класса опасности, затем второго, третьего и четвертого.

На основании установленного перечня веществ в каждом городе определяются вещества для организации наблюдений на постах. На опорных стационарных постах организуются наблюдения за содержанием основных загрязняющих веществ: пыли, диоксида серы, оксида углерода, оксида и диоксида азота, а также специфических веществ, которые характерны для промышленных выбросов предприятий данного города.

Кроме веществ, приоритет которых устанавливается по изложенной методике, в обязательный перечень контролируемых веществ в городе включаются:

- растворимые сульфаты – в городах с населением более 100 тыс. жителей;

- формальдегид и соединения свинца – в городах с населением более 500 тыс. жителей;

- металлы – в городах с предприятиями черной и цветной металлургии;

- бенз(а)пирен – в городах с населением более 100 тыс. жителей и в населенных пунктах с крупными источниками выбросов;

- пестициды – в городах, расположенных вблизи крупных сельскохозяйственных территорий, на которых используются пестициды.

Выбросы перечисленных веществ трудно точно установить, и их приоритет не может быть определен по изложенной методике.

Перечень вредных веществ, подлежащих контролю, пересматривается при изменении данных инвентаризации промышленных выбросов, появлении новых источников выбросов, но не реже 1 раза в 3 года. Расширение перечня контролируемых веществ осуществляется после предварительных наблюдений, направленных на ориентировочную оценку состояния загрязнения. Такие наблюдения могут проводиться на стационарных, маршрутных постах или при эпизодических обследованиях.

§ 2. Мониторинг поверхностных вод суши

Любая программа мониторинга экологического состояния поверхностных вод суши должна содействовать реальному применению экологических принципов в водохозяйственной деятельности и быть направлена на обеспечение целостного подхода к экологически безопасному использованию внутренних водных ресурсов и

прибрежной растительности, заболоченных земель, речных пойм и соответствующей дикой природы. В данном случае объектами мониторинга являются водосборные бассейны, в отношении которых осуществляется комплексная, основанная на экосистемном подходе водохозяйственная деятельность. Следует также учитывать то, что несколько водосборных бассейнов, в частности бассейнов длинных рек, представляют собой географическую (гидрографическую) мозаику из различных экосистем. Большое разнообразие и широкий диапазон видов экосистем требует конкретных подходов к организации наблюдений их состояния и проходящих в них процессов. При организации наблюдения большое значение имеет комплексный подход, т.к. необходимо оценивать и контролировать перенос и миграцию загрязняющих веществ между природными средами.

Для правильной оценки организации мониторинга экологического состояния поверхностных вод суши и связанных с ними экосистем, а также выбора программы его функционирования важную роль играет экологическая классификация водных объектов. Ключевыми понятиями при этом являются базовое и высокое экологическое качество водных объектов.

Базовое экологическое качество (БЭК) означает такое качество водного объекта, при котором выживают организмы, не слишком требовательные к окружающей среде, и миграция редких видов не затруднена. БЭК подразумевает, что помимо физико-химических характеристик воды организмам должна быть обеспечена приемлемая среда обитания с тем, чтобы они могли завершить свой жизненный цикл.

Высокое экологическое качество (ВЭК) означает выполнение следующих основных условий:

- растворенный кислород приемлем для нормального дыхания организмов, обитающих в воде;
- концентрация токсичных и других вредных веществ в осадках и биоте ниже установленного безопасного уровня, она не препятствует полезному использованию водоема;
- какие-либо признаки повышенного уровня заболеваемости животных, популяций рыб и растений в результате антропогенных воздействий отсутствуют;
- состояние сообществ бескостных, планктонных, крупных беспозвоночных соответствует нетронутому состоянию, присутствуют ключевые виды (таксоны), обычно ассоциирующиеся с естественными условиями в данной экосистеме;

– состояние сообществ водных растений соответствует нетронутому состоянию, присутствуют ключевые виды (таксоны), обычно ассоциирующиеся с естественными условиями в данной экосистеме; какие-либо признаки чрезмерного макрофитного или водорослевого роста в результате повышенного уровня питательных веществ антропогенного происхождения отсутствуют;

– популяция рыбы устойчивая, присутствуют ключевые виды (таксоны), обычно ассоциирующиеся с естественными условиями в данной экосистеме; какие-либо препятствия для прохода мигрирующих рыб, создаваемые в результате антропогенной деятельности, отсутствуют;

– среда открытой водной поверхности позволяет существовать сообществам высших позвоночных, соответствующих нетронутому состоянию экосистемы.

Классификация водных объектов должна включать в себя реки, озера, водоносные слои, искусственные водохранилища, большие каналы и крупные водотоки. При рассмотрении каждого объекта следует учитывать не только открытую водную поверхность, но и прибрежную растительность, а также любые соседние полустественные влажные ареалы, тесно связанные с рекой и имеющие гидрологическую зависимость от нее (заболоченные участки; торфяники, покрытые лесом, и т.д.).

Целевые показатели экосистемы должны быть направлены на характеристику функциональной целостности водной экосистемы. Эти параметры должны использоваться в комбинации с целевыми параметрами качества воды и целевыми параметрами, связанными с гидрологическими условиями.

Целевые параметры экосистемы выражаются комплексом различных видов, называемых целевыми переменными. Совокупность целевых переменных может включать:

- виды из всех типов водных мест обитания;
- виды из бентоса, водяного слоя, водяной поверхности и берегов;
- виды из верхней и нижней частей сети питания;
- растения и животные;
- сидящие, мигрирующие и немигрирующие виды.

Оценка состояния экосистемы должна опираться на комплексные критерии качества и количества водных ресурсов, а также флоры и фауны.

Для получения полной информации, на основе которой можно провести оценку состояния экосистемы, необходимо провести:

- 1) систематический анализ качества воды;
- 2) анализ режима стока и уровня воды;
- 3) оценку мест обитания экологических сообществ;
- 4) анализ источников загрязнения;
- 5) анализ поведения загрязняющих веществ;
- 6) расчеты массового баланса загрязняющих веществ.

При разработке программы экологического мониторинга необходимо скоординировать физические, химические и биологические параметры в целях улучшения понимания роли каждой переменной в воздействии на экосистему. Информацию о состоянии абиотической и биотической составляющей следует получать как можно ближе к одним и тем же местам в одно и то же время с тем, чтобы можно было исчерпывающим образом проанализировать взаимосвязи в рамках экосистемы, а затем построить концептуальные и динамические модели.

Для экосистемного подхода важную роль играют долгосрочные программы мониторинга, позволяющие выявить и оценить структуру циклов в экосистемах, которые могут длиться несколько лет.

Система экологического мониторинга поверхностных вод суши и связанных с ними экосистем должна на первоначальном этапе базироваться на существующих сетях наблюдения, а далее по мере необходимости дополняться программами мониторинга для обеспечения комплексной оценки состояния экосистем, включая взаимосвязи между биотическими и абиотическими факторами, действующими в пределах одного и того же водосборного бассейна.

Наблюдениям должны подвергаться:

- химические и радиоактивные вещества, а также физические факторы воздействия;
- поступления элементов в водосборный бассейн и их выход из него;
- внутренняя динамика в водосборном бассейне;
- изменения водных экосистем под воздействием антропогенной деятельности;
- изменения мест обитания вдоль береговой полосы водоемов, которые могут затронуть водные экосистемы.

Комплексное применение таких программ позволяет обеспечить получение более целостной оценки состояния экосистем и создать лучшие предпосылки для определения причинно-следственных связей, чем использование каждой из этих программ в отдельности.

В настоящее время в России организация наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши осуществляется в соответствии с ГОСТом 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков».

Для проведения мониторинга вод суши организуются:

- стационарная сеть пунктов наблюдений за естественным составом и загрязнением поверхностных вод;
- специализированная сеть пунктов для решения научно-исследовательских задач;
- временная экспедиционная сеть пунктов.

Согласно Рекомендациям 52.24.309-2004 «Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета», под пунктом наблюдения следует понимать место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды.

Пункты наблюдений организуются в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое народнохозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами; на не загрязненных сточными водами водоемах и водотоках или их участках создаются пункты для фоновых наблюдений. Пункты наблюдений организуются на водоемах и водотоках в районах:

- расположения городов и крупных поселков, сточные воды которых сбрасываются в водоемы и водотоки;
- сброса сточных вод отдельно стоящими крупными промышленными предприятиями, территориально-производственными комплексами, организованного сброса сельскохозяйственных сточных вод;
- нереста и зимовья ценных и особо ценных видов промысловых организмов;
- предплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;
- пересечения реками государственных границ;
- замыкающих створов больших и средних рек;
- устьев загрязненных притоков больших водоемов и водотоков.

Для изучения природных процессов и определения фонового состояния воды водоемов и водотоков пункты наблюдений создают также на участках, не подверженных прямому антропогенному воздействию, в том числе на водоемах и водотоках, расположен-

ных на территориях заповедников и национальных парков и являющихся уникальными природными образованиями.

В пунктах наблюдений организуется один или несколько створов. Под створом понимается условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором производится комплекс работ для получения данных о качестве воды.

Створы устанавливаются с учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водного объекта, расположения источников загрязнения, количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод, интересов водопользователей и водопотребителей. Один створ устанавливается на водотоках при отсутствии организованного сброса сточных вод в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков, предплотинных участках рек, замыкающих участках рек, в местах пересечения государственной границы.

При наличии организованного сброса сточных вод на водотоках устанавливаются два створа и более. Один из них располагается выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод), другие – ниже источника (или группы источников) загрязнения в месте полного смешения. Верхний (фоновый) створ устанавливается в 1 км выше первого источника загрязнения. Выбор створов ниже источника (или группы источников) загрязнения осуществляется с учетом комплекса условий, влияющих на характер распространения загрязняющих веществ в водотоке. Необходимо, чтобы нижний створ характеризовал состав воды в целом по сечению, т.е. был расположен в месте достаточно полного (не менее 80%) смешения сточных вод с водой водотока.

На реках, где створ полного смешения находится далеко от источников загрязнения, процесс трансформации части загрязняющих веществ может завершиться до створа полного смешения, и их влияние на физические свойства и химический состав воды в этом створе может быть не обнаружено. В этом случае створ устанавливается, исходя из интересов народного хозяйства, на ближайшем участке водопользования. На реках, используемых для нужд рыбного хозяйства, такой створ устанавливается не далее 0,5 км от места сброса сточных вод.

При наличии группы источников загрязнения верхний (фоновый) створ располагается выше первого источника, нижний – ниже последнего. Исходя из интересов народного хозяйства, между створами выше и ниже источников загрязнения могут быть уста-

новлены дополнительные створы, которые должны характеризовать влияние отдельных источников загрязнения.

Все пункты наблюдений за качеством воды водоемов и водотоков делятся на 4 категории, определяемые частотой и детальностью программ наблюдений (табл. 1). Назначение и расположение пунктов контроля определяются правилами наблюдений за качеством воды водоемов и водотоков.

Таблица 1

Программы и периодичность наблюдений для пунктов различных категорий

Периодичность проведения контроля	I	II	III	IV
Ежедневно	Сокращенная программа 1	Визуальные наблюдения	—	—
Ежедневно	Сокращенная программа 2	Сокращенная программа 1	—	—
Ежемесячно	Сокращенная программа 3			—
В основные фазы водного режима	Обязательная программа			

Пункты первой категории располагаются на средних и больших водоемах и водотоках, имеющих важное народнохозяйственное значение:

- в районах городов с населением свыше 1 млн жителей;
- в местах нереста и зимовья особо ценных видов промысловых рыб;
- в районах повторяющихся аварийных сбросов загрязняющих веществ;
- в районах организованного сброса сточных вод, в результате которого наблюдается высокая загрязненность воды.

Пункты второй категории устраиваются на водоемах и водотоках:

- в районах городов с населением 0,5–1 млн жителей;
- в местах нереста и зимовья ценных видов промысловых рыб (организмов);
- на важных для рыбного хозяйства предплотинных участках рек;
- в местах организованного сброса дренажных сточных вод с орошаемых территорий и промышленных сточных вод;
- на пересечении реками государственной границы;
- в районах со средней загрязненностью воды.

Пункты третьей категории располагаются на водоемах и водотоках:

- в районах городов с населением менее 500 тыс. жителей;
- на замыкающих участках больших и средних рек;
- в устьях загрязненных притоков больших рек и водоемов;
- в районах организованного сброса сточных вод, в результате которого наблюдается низкая загрязненность воды.

Пункты четвертой категории устанавливаются:

- на незагрязненных участках водоемов и водотоков;
- на водоемах и водотоках, расположенных на территориях государственных заповедников и национальных парков.

Наблюдения за качеством воды ведутся по определенным видам программ, которые выбираются в зависимости от категории пункта контроля. Периодичность проведения контроля по гидробиологическим и гидрохимическим показателям устанавливается в соответствии с категорией пункта наблюдений. При выборе программы контроля учитывается целевое использование водоема или водотока, состав сбрасываемых сточных вод, требования потребителей информации.

Наблюдения по обязательной программе на водотоках осуществляется, как правило, 7 раз в год в основные фазы водного режима: во время половодья – на подъеме, пике и спаде; во время летней межени – при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка; осенью – перед ледоставом; во время зимней межени. В перечень параметров, предусмотренных обязательной программой, входят расход, уровень, скорость течения воды, температура, цветность, прозрачность, запах, содержание растворенного кислорода, взвешенных веществ.

Непосредственно выяснить состав и структуру сообществ гидробионтов позволяет внедрение в систему наблюдений за качеством воды гидробиологических методов.

Перспективным средством для быстрой оценки ситуации в водосборном бассейне и проходящих в нем процессов является дистанционное зондирование из космоса и математическая обработка получаемых при этом изображений.

§ 3. Мониторинг почв и грунтов

Почвенный мониторинг – одна из важнейших составляющих экологического мониторинга, направленная на выявление антропогенных изменений почв, которые могут в конечном итоге

нанести вред здоровью человека. Особая роль почвенного мониторинга обусловлена тем, что все изменения состава и свойств почв отражаются на выполнении почвами их экологических функций, следовательно, на состоянии биосферы.

Предметом контроля почв являются прежде всего их изменения, вызванные деятельностью человека, но многие неблагоприятные изменения свойств почвы могут формироваться естественным путем под влиянием природных факторов почвообразования, катастрофических явлений в природе. Например, образование засоленных почв может быть следствием импัลверизации солей или привноса их с грунтовыми водами. Потери почвенного гумуса могут быть следствием не только распашки новых земель или интенсификации земледелия на уже освоенных территориях, но и естественной смены биоклиматических условий. Это говорит о сложности вычленения антропогенных последствий изменения контролируемых при мониторинге свойств почв. Имеет значение и то, что в почве, в отличие от воздуха атмосферы и вод поверхностных водоемов, экологические последствия антропогенного воздействия (например, загрязнения) обычно проявляются позже, но они более устойчивы и сохраняются дольше. Существует необходимость оценивать и долговременные последствия этого воздействия, например возможность мобилизации загрязняющих веществ в почвах, вследствие чего почва из «депо» загрязняющих веществ может превращаться в их вторичный источник.

Особенность почвы состоит в том, что она является:

- главным фактором формирования естественных и искусственных провинций, играющих важную роль как в возникновении, так и в профилактике эндемических заболеваний;

- средой, обеспечивающей циркуляцию в системе «окружающая среда – человек» применяемых химических и радиоактивных веществ, поступающих с выбросами промышленных предприятий, транспорта, сточными водами и т.д., и в связи с этим фактором риска для здоровья населения;

- одним из источников химического и биологического загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, а также растений, используемых человеком в питании;

- фактором передачи инфекционных заболеваний;

- естественной, наиболее подходящей средой для обезвреживания жидких и твердых отходов.

Почвенный экологический мониторинг – система регулярного, не ограниченного в пространстве и времени контроля почв, кото-

рый дает информацию об их состоянии с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза его изменения в будущем.

Классификация видов почвенного экологического мониторинга представлена на схеме [3, с. 89].



Многие положения почвенного экологического мониторинга разработаны специально для контроля загрязнения почв и не находят практического применения при контроле выполнения почвами других функций. Следует отметить, что при экосистемном подходе в качестве объекта мониторинга должна рассматриваться не только почва, т.е. верхняя часть литосферы, сформированная после появления жизни на планете в результате влияния климата, растительности и почвенных организмов, но и геологическая среда (недра) в целом. Программа мониторинга почв и геологической среды должна содержать перечень определяемых показателей, требования к выбору точек опробования и методов определения показателей, основания для оценки полученных уровней показателей (нормальные уровни показателей) и прогноза их изменения.

Антропогенное влияние на геологическую среду, а также на перемещение грунтов и оснований сооружений представлено следующими видами воздействия:

– гидродинамические воздействия главным образом связаны с подтоплением территорий, строительным водопонижением и эксплуатацией подземных водозаборов для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения;

– химические воздействия связаны с поступлением в геологическую среду, в частности в подземные воды, загрязненных химическими и радиоактивными веществами вод при аварийных ситуациях, подогретых коррозионно-активных вод, влияющих на состав и свойства грунтов;

– тепловые воздействия связаны с утечками и инфильтрацией нагретых производственных вод в подземную гидросферу в сочетании с тепловыделением от подземных теплокоммуникаций;

– электрофизические воздействия связаны с формированием техногенных магнитных и электрических полей, появлением блуждающих токов;

– вибрационные воздействия связаны с динамическими нагрузками от машин и технологического оборудования;

– воздействия от статических нагрузок зданий, сооружений связаны с уплотнением грунтов, захватывающие значительные зоны и приводят во многом к необратимым изменениям геологической среды.

Анализ процессов взаимодействия «сооружение – геологическая среда» дает возможность выбрать схему организации мониторинга экологического состояния почв и геологической среды, которая включает контроль:

– режима движения земной поверхности и деформации сооружений и оснований;

– режима динамических свойств грунтов;

– режима плотности и влажности грунтов;

– температурного режима грунтов и грунтовых вод;

– режима порового давления;

– уровней грунтовых вод и пьезометрических уровней подземных вод;

– химического состава подземных и поровых вод;

– содержания загрязняющих веществ в грунтах и грунтовых водах;

– режима пучения грунтов;

– карстового процесса.

Измерение смещения земной поверхности сводится к наблюдениям за изменением взаимного положения ее отдельных точек во времени. Наблюдения за смещениями земной поверхности

подразделяются на точечные (ведутся в одном пункте), створно-линейные (ведутся по отдельным точкам, расположенным на определенной линии) и площадные (ведутся по отдельным точкам, связанным между собой на некоторой площади в отдельные фигуры). Для осуществления наблюдений в основном используется группа методов, основанных на определении координат точки путем различных геометрических построений и использовании сети так называемых опорных пунктов с известными координатами. В число таких методов входят триангуляция, трилатерация, геодезические засечки, полигонометрия и др. Для определения смещений и скоростей движения отдельных элементов геологических систем по глубине устанавливаются специальные глубинные реперы.

Влажность и плотность являются важнейшими показателями состояния грунтов. Для осуществления режимных наблюдений необходимо принять меры, позволяющие определить показатели плотности и влажности непосредственно в массиве. Это прежде всего методы радиоактивного каротажа, разработанные и в основном используемые для нужд нефтедобывающей промышленности: с помощью гамма-каротажа определяется распределение влажности грунтов по глубинам, нейтронного каротажа – распределение влажности вдоль исследуемой скважины. Также существует ряд методов определения влажности фунтов на основе измерения их электрофизических свойств: электропроводности, диэлектрической проницаемости, электрической емкости и т.д.

Источниками термометрической информации являются специальные скважины, к которым предъявляется ряд требований:

- скважины должны быть выдержаны достаточное время после бурения или откачки;

- в скважинах не должны проводиться опытные работы, приводящие к нарушению естественного режима (откачка, желонирование, отбор проб и т.д.);

- скважины должны быть безупречны в отношении изоляции водоносных горизонтов в затрубном пространстве.

Для измерений используются жидкостные, деформационные термометры, а также термометры сопротивления и термопары. Наблюдения за режимом суточного хода температуры производятся с использованием датчиков, устанавливаемых в грунт на глубинах 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4; 3,2 м; ниже, в слое годовых переменных температур, относительное расстояние между точками замеров –

2,5 м. Для глубин суточные изменения температуры измеряются с интервалом не более 6 часов.

Контроль режима подземных вод должен включать в себя наблюдения за грунтовыми, напорными подземными водами, верховодкой (естественной и возникающей от подтопления) и водами зоны аэрации. Сеть наблюдательных скважин, постов, ключевых водобалансовых участков необходимо размещать с учетом:

- местоположения источников загрязнения;
- направлений наиболее реальных путей воздушной и водной (поверхностной и подземной) миграции загрязнителей;
- местоположения объектов потребления воды, геологических, гидрогеологических особенностей зон насыщения и аэрации (литологического строения, направления и скорости фильтрации подземных вод, расходов поверхностных и подземных вод, напоров, градиентов, наличия литологических окон, расположения областей питания и разгрузки, выходов водоносных горизонтов на поверхность и т.д.);
- гидрогеохимических особенностей (миграционной особенности и форм ингредиентов в породах зоны аэрации, паровых растворах, подземных, поверхностных и сточных водах и донных отложениях, наличия геохимических барьеров и т.д.).

Наблюдательная сеть должна иметь два уровня: специальная сеть наблюдения за источниками подтопления в зоне строгого режима и региональная (локальная) сеть режимных наблюдений, состоящая из наблюдательных скважин, гидрометрических постов на реках, водоемах, ключевых водобалансовых участках. Специальная сеть должна комплектоваться постами наблюдения за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и их поступлением на поверхность почв, а также за сбросами сточных вод. Периодичность наблюдений устанавливается для конкретных гидрогеологических условий с учетом интенсивности процессов изменения уровней и процессов миграции загрязняющих веществ. С максимальной частотой должны опробоваться скважины, оборудованные на трещиноватых породах: 1 раз в неделю на специальной сети; 1-2 раза в месяц на региональной сети. В скважинах, оборудованных на песчаных толщах, наблюдения проводятся еженедельно. При появлении в пробах загрязняющих веществ частота наблюдений должна быть увеличена. Частота наблюдений также увеличивается при проведении активных работ по водопонижению, строительству и т.д.

Для режимных наблюдений за криогенным пучением оборудуются специальные пучиномерные площадки, в состав которых должны входить:

- дифференциальные пучиномерные установки;
- пучиномеры;
- мерзлотомеры;
- маркеры и реперы особой конструкции, не подвергающиеся выпучиванию.

Разбиваются также пучиномерные полигоны и профили, оборудуются температурные скважины, устанавливаются снегомерные рейки, дифференциальные снегомеры.

Показатели, отражающие экологическое состояние почв, т.е. взаимосвязь с сопредельными средами и влияние на живые организмы, называются индикаторами мониторинга. Они информативны также при оценке устойчивости экосистемы в отношении того или иного вида деградации.

Предъявляются следующие общие требования к индикаторам почвенного экологического мониторинга:

- информативность в отражении состояния почв как компонента экосистемы;
- чувствительность к смене экологической обстановки;
- доступность методов их аналитического определения;
- правильность и воспроизводимость результатов их аналитического определения, обеспечивающие сопоставимость данных.

Выбор почвенных показателей состояния зависит прежде всего от вида деградации почв. Имеет значение и природа изменчивости контролируемых свойств почв. При любых видах деградации почвенный мониторинг предполагает определение трех групп показателей:

1) показатели ранней диагностики появления неблагоприятных свойств и почвенных режимов;

2) показатели, характеризующие сезонные или краткосрочные (2–5 лет) изменения свойств почв; рекомендуются для оценки текущего состояния почв, прогноза урожайности и в связи с необходимостью корректировок для срочного повышения урожая текущего года (проведением поливов, внесением удобрений и т.д.);

3) показатели долгосрочных изменений, проявляющихся в течение 5–10 лет и более, отражающие неблагоприятные тенденции антропогенного изменения свойств почв.

Для мониторинга почв, подверженных разным видам деградации, разработаны конкретные показатели, отражающие изменения почв,

вызванные каждым из видов деградации. При выборе показателей следует опираться на представления о почвенной системе соединений химических элементов, о свойствах почв, влияющих на нее.

Среди контролируемых показателей состояния почв (индикаторов) различаются две группы: биохимические и педохимические показатели.

Биохимические показатели характеризуют аккумуляцию в почвах самих загрязняющих веществ и возможность их непосредственного негативного влияния на живые организмы.

К биохимическим показателям относятся:

- общее содержание загрязняющих веществ, характеризующее запас в почвах соединений различных элементов природного и техногенного происхождения;

- содержание соединений загрязняющих веществ, обладающих реальной подвижностью (вещества в почвенных растворах, лизиметрических водах, вытяжках, имитирующих состав тех и других), и непосредственно связанных с ними потенциально подвижных соединений этих же веществ в составе твердых фаз почвы. Содержание последних характеризует способность загрязняющих веществ переходить в вытяжки разбавленных кислот, растворов солей и комплексо-образователей.

Вычисление соотношения содержания химического элемента в загрязненной почве и незагрязненном аналоге часто используется в качестве относительного показателя загрязнения – коэффициента накопления.

Педохимические показатели определяют те свойства почв, изменение которых может быть вызвано загрязняющими веществами и которые могут косвенно отрицательно влиять на живые организмы. С одной стороны, свойства почв, которые характеризуются этими показателями, могут изменяться под влиянием загрязняющих веществ и тем самым вызывать ухудшение состояния микроорганизмов и растений. С другой стороны, изменение данных химических свойств вызывает в почвах превращения соединений загрязняющих веществ, которые влияют на их токсико-экологические свойства. Если прямые показатели загрязнения информативны при оценке выполнения почвами их защитных функций в экосистеме, то косвенные показатели в большей мере отражают способность почв обеспечивать плодородие.

К педохимическим относятся показатели важнейших химических свойств почв:

- гумусного состояния;
- кислотно-основных свойств;
- катионно-обменных свойств;
- окислительно-восстановительных свойств.

Контроль обеспеченности почв питательными элементами для растений составляет задачу агрохимического мониторинга. Единая государственная агрохимическая служба была создана в нашей стране в 1964 г. Она входила в систему агрономического обслуживания сельскохозяйственных предприятий и имела многочисленные функции. За короткий срок было создано 197 зональных агрохимических лабораторий, представлявших собой научно-производственные учреждения, оснащенные необходимым оборудованием для полевых и лабораторных исследований, картографических работ, постановки полевых опытов с удобрениями, контроля качества урожая и т.д. В их компетенцию входили проведение регулярного агрохимического обследования земель колхозов и совхозов, разработка рекомендаций по рациональному применению удобрений, т.е. фактически – плановое проведение мониторинговых исследований.

В настоящее время эта служба преобразована, и на базе зональных агрохимических лабораторий созданы государственные центры агрохимической службы. Эти организации проводят контроль обеспеченности почв подвижными формами азота, фосфора и калия, микроэлементами, а также мониторинг гумусного состояния почв.

Для целей агрохимического мониторинга были разработаны, апробированы и унифицированы методы определения содержания элементов питания в почве. Большинство этих методов зарегистрировано в форме государственных стандартов (ГОСТов), что позволяет получать сравнимые результаты.

Методы определения показателей отдельных свойств дифференцированы для почв разных типов. Например, содержание подвижного фосфора и калия определяется одним из трех методов: Кирсанова (для кислых почв, ГОСТ 26207-91), Чирикова (для дерново-подзолистых и серых лесных почв, некарбонатных черноземов, ГОСТ 26204-91), Мачигина (для карбонатных почв, ГОСТ 26205-91). Так как оценка плодородия почв проводится на основе их комплексной характеристики, то сведения о содержании подвижных соединений элементов питания дополняются данными об их общем содержании в почве. На основе полученных результатов проводится оценка плодородия почв по содержанию основных элементов питания – азота, фосфора и калия (табл. 2). С учетом

группировки по содержанию подвижных форм азота, фосфора и калия составляются картограммы обеспеченности почв элементами питания, которые служат основой для рациональной корректировки уровня эффективного плодородия внесением удобрений.

Таблица 2

Оценка основных элементов питания почв, %

Уровень содержания	Азот (N)	Фосфор (P_2O_5)	Калий (K_2O)
Очень высокий	> 0,35	> 0,20	> 3,0
Высокий	0,35–0,25	0,20–0,15	3,0–2,0
Средний	0,25–0,10	0,15–0,08	2,0–1,0
Низкий	0,10–0,05	0,08–0,02	1,0–0,7
Очень низкий	< 0,05	< 0,02	< 0,7

Важным этапом агрохимического мониторинга является выполнение балансовых расчетов с учетом выноса химических элементов с урожаем. На основе этого рассчитываются дозы минеральных и органических удобрений для восполнения выноса элементов питания растений и поддержания эффективного плодородия почв на необходимом уровне [4].

Глава 7. Устойчивое развитие городов

Устойчивое развитие городских поселений – это развитие территорий, в том числе городов, при осуществлении градостроительной деятельности в целях обеспечения градостроительными средствами благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничения вредного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и обеспечения охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений (Градостроительный кодекс Российской Федерации, 2004 г.).

Устойчивое развитие предполагает охрану окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов.

Направления охраны городской среды в процессе градостроительной деятельности:

– включение в планировочную структуру города природных ландшафтов – гор, водоемов, лесопарков;

- установление баланса между урбанизированными и природными площадями территории города;
- увеличение площади зеленых насаждений общего пользования за счет городских лесов и лесопарков;
- формирование озелененных санитарно-защитных зон между жилыми районами и промышленными предприятиями с учетом данных о фактическом загрязнении окружающей среды;
- вынос из жилых районов предприятий с вредными и опасными производствами;
- строительство окружных автомобильных дорог, скоростных магистралей для уменьшения транспортных потоков в черте города;
- строительство набережных, организация рекреационных зон на берегах водоемов и водотоков;
- освоение подземного пространства – строительство метрополитена;
- строительство природоохранных объектов;
- проведение экологического мониторинга окружающей природной среды, а также целого комплекса мероприятий природоохранного значения [10].

Глава 3.8. Экополис

Приблизить городскую экосистему к состоянию экологического равновесия можно, увеличивая площади естественных ландшафтов и озелененных территорий города, а также снижая антропогенные нагрузки.

Решением данной проблемы может быть создание экополисов.

Экополис – городское поселение (город, поселок), при планировании, проектировании и строительстве которого учитывается комплекс экологических потребностей людей, включая создание благоприятных условий для существования многих видов растений и животных в его пределах.

Реймерс считал, что принципы создания экополиса должны отвечать следующим трем основным требованиям:

- соразмерности архитектурных форм (домов, улиц и др.) росту человека;
- пространственному единству водных и озелененных площадей, создающих хотя бы иллюзию вхождения природы в город и расчленения его на «субгорода»;

– приватизации жилища, включающего элементы природного окружения непосредственно у дома и квартирное озеленение (на балконах, вертикальное озеленение улиц, создание газонов на крышах домов и т.п.).

В целом экополис – это малоэтажный город с обширными «природными каналами» садов, парков, лесопарков, полей, водоемов и т.п., создающий благоприятные экологические условия как для жизни человека, так и для существования многих видов растений и животных в его пределах.

Самая сильная тема в идее экополиса – тема озеленения. Тезис «не зелень в городе, а город в зелени» особенно справедлив для экополиса. Более того, в условиях даже хорошо озелененного города необходимо всемерно увеличивать и усиливать автотрофный блок, снабжающий городскую экосистему органическими веществами (продукты питания и сырье для человека; корм для животных) и кислородом, использовать по возможности все свободные площади (не только землю, но также стены и крыши зданий) для выращивания зеленых растений, что может в значительной степени снять зависимость города от окружающих питающих экосистем и усилить его саморегулируемость [2].

Библиографический список

1. Басыйров А.М. Экология города: учебно-методическое руководство. – Казань: КФУ, 2013. – 96 с.
2. Владимиров В.В. Урбоэкология: конспект лекций. – М.: МНЭПУ, 1999. – 208 с.
3. Зубарева О.Н. Обследование и экологическая оценка территорий: учебное пособие. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 124 с.
4. Кузнецова В.С., Боголицын К.Г., Попова Н.Р. Экологический мониторинг и охрана окружающей среды. – Архангельск, 1998. – 96 с.
5. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.; Т. 2. – 376 с.
6. Осипов В.И. Мегалополисы под угрозой природных катастроф // Вестник РАН. – 1996. – Т. 66. – № 9. – С. 771–782.
7. Российская архитектурно-строительная энциклопедия. – М.: Альфа, 1996. – Т. IV. – 336 с.
8. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учебное пособие. – М.: АСВ, 2005. – 272 с.
9. Тетиор А.Н. Городская экология: учебное пособие. – М.: Академия, 2008. – 336 с.
10. Хомич В.А. Экология городской среды: учебное пособие. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2006. – 240 с.
11. Urban Ecology / I. Brust, H. Feldmann, O. Uhlmann (eds.). – Heidelberg: Springer – Verlag Ed. Belrin, 1998. – 716 p.