

Ф.Ф. Исхаков, А.А. Кулагин,
Г.А. Зайцев



БГПУ
им. М. Акмуллы



УРБОЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Уфа 2015

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы»

Ф.Ф. ИСХАКОВ, А.А. КУЛАГИН, Г.А. ЗАЙЦЕВ

У Р Б О Э К О Л О Г И Я

Учебное пособие

УФА 2015

УДК 504.75 (075.8)
ББК 28.080.1я73
И91

Исхаков, Ф.Ф. Урбоэкология [Текст]: учеб. пособие /Ф.Ф. Исхаков, А.А. Кулагин, Г.А. Зайцев. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2015. – 223 с.

Учебное пособие по курсу учебной дисциплины «Урбоэкология» разработано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом для студентов направления 022000.62 Экология и природопользование.

Учебное пособие будет полезно и для магистрантов, аспирантов и соискателей при выполнении исследовательских работ.

Рецензенты:

Абдюкова Г.М., канд. биол. наук, доцент
Уфимского государственного университета экономики и сервиса;
Серова О.В., канд. биол. наук, доцент
Башкирского государственного педагогического университета

ISBN 978-5-87978-922-5

© Исхаков Ф.Ф., Кулагин А.А.,
Зайцев Г.А. 2015
© Изд-во БГПУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Место дисциплины в учебном плане.....	5
Цели и задачи курса.....	5
Перечень знаний и умений.....	6
Требования к результатам освоения дисциплины по образовательной программе бакалавриата.....	7
Тематическое содержание курса.....	7
Основная литература.....	8
Дополнительная литература.....	8
Словарь терминов.....	9
1. УРБОЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА.....	16
1.1 Предмет урбоэкологии.....	19
1.2 Научные основы урбоэкологии.....	20
1.3 Методологические подходы.....	26
1.4 Понятие и определение города.....	28
2. РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ И ГОРОДСКИХ СИСТЕМ.....	31
2.1 Города древнего мира и средневековья.....	31
2.2 Города абсолютизма и индустриальной эпохи.....	34
2.3 Города постиндустриальной эпохи.....	37
2.4 Формы организации городского пространства.....	40
2.5 Дифференциация городского населения.....	46
3. ГОРОД КАК ЭКОСИСТЕМА.....	49
3.1 Город – сложная полиструктурная система.....	49
3.2 Экосистемные характеристики города.....	50
3.3 Виды и формы расселения.....	58
3.4 Понятие об эколополисе.....	62
4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УРБАНИЗАЦИИ.....	66
4.1 Функциональная оценка города.....	69
5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРОДОВ С АБИОТИЧЕСКИМИ КОМПОНЕНТАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	76
5.1 Города и литосфера.....	76
5.1.1 Геоэкологическая среда.....	87
5.2 Города и гидросфера.....	93
5.3 Города и атмосфера.....	101
6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРОДОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМ МИРОМ.....	110
6.1 Значение растительности в городе.....	110
6.2 Функции зеленых насаждений в городе.....	112

6.2.1 Санитарно-гигиенические функции.....	112
6.2.2 Декоративно-планировочные функции.....	116
6.3 Характеристика городской флоры.....	117
6.4 Особенности существования растительности в городе.....	120
6.5 Категории озелененных территорий.....	123
6.6 Взаимоотношения города и природы.....	123
7. Взаимодействие городов с животным миром.....	126
8. Физические факторы городской среды.....	139
9. Влияние загрязнения городской среды на здоровье населения..	148
10. СОХРАНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ.....	153
10.1 Понятие динамического экологического равновесия.....	153
10.2 Экологически сбалансированная структура урбанизированных территорий.....	157
11. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ.....	165
11.1 Локальные методы.....	165
11.1.1 Охрана почвенного покрова и ландшафта.....	165
11.1.2 Охрана поверхностных и подземных вод.....	176
11.1.3 Охрана воздушного бассейна.....	180
11.1.4 Охрана растительности и животного мира.....	185
11.1.5 Защита окружающей среды от воздействия физических факторов.....	187
11.2 Территориальные методы экологической компенсации.....	190
11.2.1 Содержание территориально-планировочного метода...	190
11.2.2 Природный каркас района.....	200
11.2.3 Природный каркас города.....	203
12. ЭКОЛОГИЯ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ (АРКОЛОГИЯ).....	208
12.1 Понятие об аркологии и ее содержание.....	208
12.2 «Экологичные» здания.....	210
Тестовое задание.....	215

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ

Урбэкология является обязательной дисциплиной в вариативной части профессионального цикла Основной образовательной программы (ООП) направления подготовки 022000.62 Экология и природопользование и изучается студентами в 6 семестре. Программа, помимо чтения лекций, предусматривает проведение семинарских, практических занятий.

Для успешного изучения учебного материала студенты должны усвоить дисциплины экологического блока, концепцию современного естествознания, ландшафтоведение, экологическое картографирование, ГИС технологии.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСА

Цели изучения дисциплины

Вступление человечества в постиндустриальную эпоху, развертывание научно-технической революции обусловлены активизацией процессов урбанизации. Эти процессы характеризуются стремительным ростом городского населения, крупных городов и городских агломераций, перенесением всей суммы городских общественных отношений на сельскую местность.

Рост городов и их экономической базы, расширение городских застроенных территорий, увеличение числа автомобилей, средств общественного транспорта, развитие сферы потребления связаны с все большим натиском городов и других населенных мест на окружающую городскую среду.

Отношения между городами, поселками, сельскими населенными пунктами, городскими агломерациями и окружающей их природной средой характеризуются большой сложностью и комплексностью. Целостная система природы неоднородна. Ее составляющие, благодаря сложному составу среды, интенсивности обмена веществом и энергией, многообразным связям, создали саму возможность эволюции природы. Искусственная среда (в том числе городская) также весьма сложна и обладает собственными прямыми и обратными связями, характерными для сложной социально-экономической многоуровневой территориальной системы.

Учитывая все это, а также дальнейшее развитие урбанизации и индустриализации, в градостроительстве необходимо более комплексно рассматривать систему экологических факторов, способствующих нормальному их функционированию в интересах человека, национального

природопользования в деле создания благоприятной среды обитания и повышения качества жизни обитателей Земли.

Целью изучения дисциплины является формирование экологического мировоззрения у студентов, знаний, навыков, позволяющих квалифицированно оценить реальные экологические ситуации, складывающихся во всех подсистемах урбоэкосистемы и принимать необходимые природоохранные решения, с целью улучшения функционирования антропогенно преобразованной природной среды.

Основные задачи дисциплины

Для достижения цели ставятся **задачи:**

- определить место урбанизации в глобальном историческом процессе;
- выявить основные экологические проблемы процесса урбанизации;
- проанализировать городскую среду жизни человека;
- раскрыть особенности функционирования урбоэкосистемы;
- выявить геоэкологические проблемы городской жизни.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ

Студент, успешно освоивший курс дисциплины «Урбоэкология», должен:

знать:

- ❖ основные геоэкологические проблемы урбанизированных территорий;
- ❖ особенности функционирования городских почв, растительности и животного мира города.

уметь:

- ❖ охарактеризовать направленность техногенных воздействий внутри антропогенной экосистемы;
- ❖ ориентироваться в проблемах современных технологий производств;
- ❖ оценивать положительные и отрицательные моменты технического прогресса; охарактеризовать состояние атмосферного воздуха, водных ресурсов, городских почв, растительности, демографической ситуации современного города;
- ❖ применять полученные знания для управленческих решений в области охраны окружающей среды.

владеть:

- ❖ способами обработки научно – технической информации для принятия производственно-управленческих решений; находить и

- принимать управленческие решения в области организации труда и осуществлении природоохранных мероприятий;
- ❖ методами решения проблем самостоятельно и в коллективе, связанные с функционированием антропоэкосистемы.

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

- общекультурные (ОК):

- использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, способен анализировать социально значимые проблемы и процессы (ОК – 4).

- профессиональные (ПК):

- имеет базовые общепрофессиональные (общэкологические) представления о теоретических основах общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды (ПК – 4);
- знать теоретические основы экологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска; обладать способностью к использованию теоретических знаний в практической деятельности (ПК – 7).

ТЕМАТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Учебный материал по дисциплине изложен по 12 темам, в которых раскрыты содержание основополагающих понятий урбоэкологии, особенности функционирования урбоэкосистемы. Показаны исторические особенности образования и формирования городов в различные эпохи. Подробно описаны экосистемные характеристики городов. Сложные взаимоотношения города с различными компонентами окружающей среды, для удобства приведены по отдельным сферам. Учитывая особенности, напряженность городской жизни, ее влияние на природные компоненты окружающей среды, достаточно подробно описаны локальные методы экологической компенсации, позволяющие защитить ее от неблагоприятных факторов различного происхождения. Так же описаны и территориальные методы экологической компенсации. В завершение

учебного пособия представлен материал по аркологии – экологии жилища, производственных помещений зданий с изложением различных видов и типов «экологичных» зданий.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров, В.В. Урбоэкология: курс лекций [Электронный ресурс] / В.В. Владимиров. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 204 с.
2. Калыгин, В.Г. Промышленная экология: учебное пособие / В.Г. Калыгин. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 431 с.
3. Рудский, В.В. Основы природопользования: учебное пособие / В.В. Рудский, В.И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2007. – 271 с.
4. Сазонов, Э.В. Экология городской среды: учебное пособие / Э.В. Сазонов. – СПб: ГИОРД, 2010. – 312 с.
5. Тетиор, А.Н. Городская экология / А.Н. Тетиор. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 336 с.
6. Трифонов, К.И. Физико-химические процессы в техносфере: учебник / К.И. Трифонов, В.А. Девисилов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. – 240 с.
7. Экология города: учебное пособие / В.В. Денисов [и др.]; под ред. В.В. Денисова. – М.; Ростов-н/Дону, 2008. – 831 с.
8. Экология города: учебное пособие – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.
9. Экология России: учебник / под ред. А.В. Смурова, В.В. Снакина – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 352.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

10. Клысов, У.И. Геоэкология: учебное пособие / У.И. Клысов – Уфа: БГПУ, 2011. 256 с.
11. Комарова, Н.Г. Геоэкология и природопользование: учебное пособие / Н.Г. Комарова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 253 с.
12. Лаппо, Г.М. География городов: учебное пособие / Г.М. Лаппо. – М.: Туманит, ИЦ ВЛАДОС, 1997. – 476 с.
13. Маринченко, А.В. Экология: учебное пособие / А.В. Маринченко. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2012. – 327 с.
14. Николайкин, Н.И. Экология: учебник / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – М.: Дрофа, 2009. – 624 с.
15. Основы природопользования: экологические, экономические и правовые аспекты: учебное пособие / А.Е. Воробьев, В.В. Дьяченко, О.В. Вильчинская [и др.]. – Ростов-н/Дону: Феникс, 2006. – 544 с.

16. Перцик, Е.Н. География городов (геоурбанистика) / Е.Н. Перцик. – М.: Высшая школа, 1991. - 320 с.
17. Перцик, Е.Н. Города мира. География мировой урбанизации / Е.Н. Перцик. – М.: Международные отношения, 1999. – 384 с.
18. Природопользование: учебник / Э.А. Арустамов, А.Е. Волощенко, Г.В. Гуськов [и др.]. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2007. – 296 с.
19. Шилов, И.А. Экология / И.А. Шилов. – М.: Юрайт, 2013. – 512 с.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Агломерация – процесс фактического слияния многих городов и населенных пунктов в единое городское население.

Агрохимикаты – удобрения, пестициды, химические мелиоранты, кормовые добавки, предназначенные для выращивания растений и охраны их от вредителей.

Адаптация – совокупность морфофизиологических, популяционных и других свойств живых организмов, обеспечивающих возможность устойчивого выживания в конкретных условиях среды.

Анализ экологического риска – исследования, направленные на определение вероятности проявления риска, возникающего при функционировании городских систем (урбоэкосистем), осуществления какого-либо проекта или проведения определенной политики.

Аналитическая карта – карта, показывающая необобщенные или малообобщенные показатели какого-либо явления (например, карта температуры воздуха) или только отдельные стороны объекта (например, карта экспозиции склонов рельефа).

Атмосферные выпадения (жидкие) – вода и растворенные в ней химические соединения в капельножидком (дождь, морось) и твердом (снег, крупа, град) состоянии, выпадающие на поверхность Земли.

Атмосферные выпадения (твердые) – осаждение взвешенных твердых частиц (пыль, пыльца растений, аэрозоли и др.) на поверхность Земли.

Бассейн водосборный, или водосбор – территория, на которой в данную реку или озеро стекают поверхностные и подземные воды.

Биогеохимические аномалии – массовые нарушения развития, роста и функционирования живых организмов, включая человека, наблюдаемые на определенной территории вследствие природных причин или техногенного загрязнения.

Биогеохимический круговорот – циклический процесс перемещения и трансформации химических элементов в пределах биосферы в биогеохимических пищевых цепях живых организмов.

Биологическая продуктивность (биопродуктивность) – способность экосистемы на основе использования вещества и энергии к воспроизводству органического вещества.

Биомагнификация – концентрирование вещества в экосистеме или пищевой цепи, возрастающее на высших (по сравнению с низшими) трофических уровнях.

Биофилы – химические элементы, которые жизненно необходимы организмам и которые накапливаются в этих организмах в гораздо больших количествах, чем в окружающей среде.

Буферность экосистемы и слагающих ее компонентов (почвы, воды, воздух) – способность сохранять свои основные характеристики при внешних воздействиях.

Выветривание химическое – процесс химического изменения горных пород и почвенных минералов под воздействием атмосферных агентов, грунтовых и поверхностных вод, жизнедеятельности организмов и продуктов их разложения.

Геоэкология – наука о пространственно-временных закономерностях взаимодействия сообществ с окружающей средой.

Деграция экосистемы – устойчивое ухудшение свойств экосистемы в результате воздействия природных и антропогенных факторов.

Денитрификация – процесс восстановления микроорганизмами нитритов и нитратов до газообразных соединений азота.

Емкость катионного (анионного) обмена почвы – максимальное количество катионов (анионов), которое может быть удержано почвой в обменном состоянии (ГОСТ 27593-88).

Жесткость воды – свойство воды, обусловленное присутствием в ней солей кальция и магния.

Загрязнение окружающей среды – процесс обратимого и/или необратимого изменения биогеохимических циклов различных элементов в слагающих окружающую среду экосистемах.

Загрязняющее вещество (поллютант) – вещество, способное причинить вред здоровью людей или окружающей среде.

Картографирование – совокупность процессов, методов и технологий создания карт, атласов и других картографических произведений. По масштабу различают крупномасштабное картографирование, среднемасштабное картографирование и мелкомасштабное картографирование; по объекту – астрономическое, планетное и земное картографирование; по методу – наземное, аэрокосмическое, подводное картографирование. Наиболее разнообразны виды (отрасли) тематического картографирования, которые постоянно возникают в ответ на запросы практики (например, туристское

картографирование, электоральное картографирование), либо развиваются на стыке картографии с другими науками (геологическое, историческое, экономическое картографирование и т.п.).

Картография – область науки, техники и производства, охватывающая создание, изучение и использование карт и других картографических произведений. Картография как наука имеет разные трактовки: наука об отображении и исследовании явлений природы и общества посредством карт как моделей (модельно-познавательная концепция); наука о картографической форме передачи информации (коммуникативная концепция); наука о языке карты (языковая концепция); наука о системном информационно-картографическом моделировании и познании геосистем (геоинформационная концепция) и другие концепции. Картография как наука подразделяется на разделы (дисциплины): общая теория картографии, математическая картография, проектирование и составление карт, картографическая семиотика, оформление карт, издание карт, экономика картографического производства, использование карт, история картографии, картографическое источниковедение, картографическая библиография, картографическая информатика, картографическая топонимика. Особо выделяется географическая картография – отрасль картографии, занимающаяся картографическим отображением и исследованием геосистем.

Кислотность (природных вод, почвы) – способность водных растворов, почв проявлять свойства кислот, определяющаяся концентрацией (активностью) ионов водорода в водном растворе или водной фазе почв; характеризуется величиной водородного показателя, или рН (отрицательный логарифм активности ионов водорода).

Кислые осадки — атмосферные осадки в виде дождя или снега, подкисленные (величина $pH < 5,6$) из-за растворения в них кислотообразующих промышленных или транспортных выбросов (SO_2 , NO_x , HCl и др.); вызывают подкисление почв и вод и приводят к повреждению и гибели лесов, водных организмов, снижению биопродуктивности, заболеваниям людей и животных.

Кларк химического элемента – числовая оценка среднего содержания химического элемента в литосфере, различных породах, почве, гидросфере, атмосфере на Земле в целом или отдельных территориях.

Комплексная карта – карта, совмещающая в себе изображение нескольких элементов близкой тематики, набор характеристик (показателей) одного явления.

Комплексное картографирование – многостороннее, целостное картографическое отображение действительности. Комплексное картографирование выполняется на системной основе, его результатом

являются серии тематических карт или комплексные атласы, характеризующие природу, население, хозяйство и их взаимодействие. Карты, входящие в серию или атлас, отличаются согласованностью и взаимной дополняемостью, что обеспечивает удобство комплексного изучения территории.

Коэффициент биологического поглощения – отношение содержания элемента в живых организмах к его содержанию в окружающей среде (кларку).

Коэффициент биогеохимического круговорота – отношение содержания элемента в растительном опаде к его содержанию в верхнем 2 – 5-сантиметровом слое почвы.

Критическая нагрузка – максимальное поступление поллютантов (сера, азот, тяжелые металлы, стойкие органические соединения и др.), которое не сопровождается необратимыми изменениями в биогеохимической структуре, биоразнообразии и продуктивности экосистем в течение длительного времени, т.е. 50–100 лет.

Ксенобиотики – любые чуждые для организма вещества (пестициды, токсины, другие поллютанты), способные вызвать нарушение биологических процессов.

Ландшафт (экосистема) – генетически однородный природный территориальный комплекс, состоящий из взаимодействующих природных и/или антропогенных компонентов.

Ландшафтное планирование – система деятельности, предусматривающая основные направления и способы использования природно-территориальных комплексов (ландшафтов) при условии сохранения или улучшения средоформирующих и ресурсосберегающих способностей ландшафта.

Масштаб карты – степень уменьшения объектов на карте относительно их размеров на земной поверхности.

Методы экологической компенсации – комплекс мероприятий по охране окружающей среды, основанный на локальном и территориальном методах, направленных на стабилизацию и компенсацию негативных воздействий на окружающую среду.

Нитрификация – микробное превращение азотсодержащих органических веществ в окисленные соединения азота, нитриты и нитраты.

Оксиды азота (NO_x) – смесь оксидов азота, весьма опасных для здоровья людей, животных и растений даже при очень низких концентрациях (ПДК – 0,000009% объемных).

Опад – органические остатки в экосистеме, отмершие или отделившиеся от надземных или подземных частей растений.

Параметр – математическая величина, входящая в формулу и выражения, значения которых остаются постоянными в пределах

рассматриваемой задачи (математической модели рассматриваемой экосистемы).

Параметры экосистемы – величины, показатели, отражающие функциональные и консервативные свойства экосистемы: биологический круговорот, биопродуктивность, биогеохимические циклы и др.

Пестициды – химические вещества, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками, вредителями зернопродуктов, древесины и т.д., а также с эктопаразитами домашних животных, переносчиками опасных заболеваний животных и человека.

Риск экологический – вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние вследствие загрязнения.

Сернистый ангидрид (диоксид серы, диоксид серы, SO_2) – газ с резким запахом, окисляемый кислородом до серного ангидрида – SO_3 , вредное вещество.

Синтетическая карта – карта, дающая целостное изображение объекта или явления в единых интегральных показателях. Чаще всего синтетические карты отражают типологическое районирование территории по комплексу показателей.

Синтетическое картографирование – одно из направлений тематического картографирования, в котором разрабатываются теория и методы создания синтетических карт на основе интеграции множества частных показателей и (или) серий аналитических и комплексных карт. Синтетическое картографирование широко опирается на методы факторного анализа, дискриминантного анализа, выделение главных компонент, кластеризацию и другие методы математико-картографического моделирования, позволяющие получать интегральные характеристики картографируемых объектов.

Системное картографирование – одно из научно-технических направлений картографии, включающее системное создание и использование картографических произведений как моделей геосистем. Системное картографирование предполагает моделирование геосистем, их компонентов, взаимосвязей, иерархии, динамики и функционирования в системе карт. Принципы системного картографирования находят наиболее полное выражение в комплексных научно-справочных атласах и сериях тематических карт.

Смог – загрязнение городской атмосферы в виде аэрозольной пелены, дымки, тумана, образующихся в результате интенсивного поступления в атмосферу загрязняющих веществ

Тематическое картографирование – комплекс мероприятий и процессов по созданию тематических карт и атласов. В качестве разделов тематического картографирования выделяют картографирование природы (геологическое, климатическое, почвенное, геоботаническое и др.)

общества (населения, хозяйства, историческое и т.п.) и их взаимодействия (инженерно-геологическое, экологическое, природоохранное и др.). По практической специализации тематическое картографирование может быть инвентаризационным, оценочным, прогнозным, рекомендательным, а по уровню обобщения – аналитическим, комплексным и синтетическим. Наибольшая синтетичность и разносторонность присуща системному картографированию.

Территориальные методы экологической компенсации – урбоэкологическое зонирование территории, позволяющее наиболее полно использовать потенциал территории, избежать неоправданных расходов на очистку стоков, выбросов, определить содержание и конфигурацию природного каркаса.

Техногеосистема – совокупность элементов земной коры и антропогенных элементов (постройки, транспортные системы, рекультивируемые участки и др.), находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность, единство.

Трансграничное загрязнение – загрязнение окружающей среды, охватывающее территорию нескольких государств или целые континенты и формирующееся за счет трансграничного переноса загрязняющих веществ.

Трофическая (пищевая, биогеохимическая) цепь – взаимоотношения между организмами, через которые в экосистеме происходит трансформация вещества и энергии; в состав пищевых цепей входят группы особей, связанных друг с другом отношениями "пища-потребитель", следовательно, пищевые цепи представляют собой сочленение звеньев, в котором каждое предыдущее звено служит пищей для каждого последующего звена, обычно от 2 до 5 звеньев.

Тяжелые металлы – химические элементы-металлы с атомным (порядковым) номером в периодической системе элементов более 20 или с массой более 56 у.е.; почти все они токсичны для организмов.

Удобрение (минеральное, органическое, бактериальное) – вещество, увеличивающее при внесении в почву или водоем биопродуктивность экосистемы.

Управление экологическим риском – процесс принятия решений, в котором учитывается оценка экологического риска, а также социально-экономические, информационные и технологические возможности его проявления.

Эвтрофикация – повышение уровня первичной продукции наземных и водных экосистем благодаря увеличению в них концентрации биофильных элементов.

Эквивалент (экв) – количество химического вещества, реагирующего с одним атомом водорода; используется при расчетах

критических нагрузок для сравнения воздействия различных элементов (сера, азот, кальций, магний, калий, натрий, водород, алюминий и др.).

Экологический риск – возможность, вероятность резких изменений и нарушений в окружающей среде и возникающих в связи с этим негативных социально-экономических и иных последствий в обществе.

Экологическое картографирование – раздел тематического картографирования, связанный с комплексным картографированием параметров, определяющих состояние окружающей среды.

Экологическое нормирование – процесс разработки регламентов антропогенного воздействия на окружающую среду, соблюдение которых гарантирует сохранность ландшафтов и не ведет к ухудшению условий проживания и состояния здоровья населения.

Экологическая компенсация – комплекс методов локальной и территориальной компенсации.

Экосистема (ландшафт) – устойчивая система с полноправными компонентами, находящимися в непрерывной взаимосвязи.

Экосистема городская (урбоэкосистема) – устойчивая или неустойчивая система с полноправными компонентами, находящимися в непрерывной взаимосвязи.

Электронная карта – цифровая карта, визуализированная в компьютерной среде с использованием программных и технических средств в принятых проекциях, системах условных знаков при соблюдении установленной точности и правил оформления.

1. УРБОЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

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

Рост городов и их экономической базы, расширение городских застроенных территорий, увеличение числа автомобилей, средств общественного транспорта, развитие сферы потребления связаны с все большим натиском городов и других населенных мест на окружающую городскую среду, масштабы которого растут год от года.

Понятие урбанизации крайне сложно и неоднозначно. Наиболее часто под урбанизацией понимают рост городов и городского населения. Более полно урбанизацию можно охарактеризовать как многогранный глобальный социально-экономический процесс, связанный с резко усилившимся в эпоху научно-технической революции развитием и концентрацией производительных сил и форм социального общения с распространением городского образа жизни на всю сеть населенных мест.

Отношения между городами, поселками, сельскими населенными пунктами, городскими агломерациями и окружающей их природной средой характеризуются большой сложностью и комплексностью. С одной стороны, целостная система природы неоднородна. Ее составляют и физически разные среды – газообразная, жидкая и твердая, и биологически неодинаковое вещество – абиотическое, биотическое и биокосное, и сами компоненты природы, различные по их физической сущности, химическому составу, интенсивности обмена веществом и энергией, многообразным связям, благодаря которым стала возможна эволюция природы. С другой стороны, искусственная среда (в том числе городская) также весьма сложна и обладает собственными прямыми и обратными связями, характерными для сложной социально-экономической многоуровневой территориальной системы.

Учитывая все сказанное выше, а также дальнейшее развитие урбанизации и индустриализации в градостроительстве необходимо более комплексно рассматривать систему экологических факторов, значительно углубить экономический, природоохранный аспект, что соответствует не только интересам национального природопользования, но и достаточно сильной обратной связи: без полной и всесторонней проработки вопросов

охраны окружающей среды невозможно выбрать наиболее эффективное градостроительное решение. Более того, нередко недостаточное внимание к вопросам охраны окружающей среды может привести к ошибочным решениям в самом градостроительстве.

Градостроительство и экология тесно связаны между собой, поскольку градостроительные решения направлены на создание благоприятной среды жизнедеятельности в человеческих поселениях и зонах их влияния. Усиление экологического подхода в градостроительстве послужило развитию урбоэкологии (от лат. **urbos** – *город*, древнегреч. **oikos** – *дом*, **logos** – *наука*) – научной дисциплины, исследующей особенности взаимодействия городов и их систем с окружающей природной средой. Эта дисциплина формируется на стыке многих областей знания, наиболее важными из которых являются экология и градостроительство.

Проблемы взаимодействия городских структур с природной средой всегда были в центре внимания отечественных и зарубежных экологов. Наиболее предметно эти проблемы исследовались Ч. Бойденом, Б. Коммонером, Ф. Фестером, Р. Леггетом, Л. Кратцером, а в нашей стране – С.С. Шварцем и Н.Ф. Реймерсом.

Особо следует отметить роль организатора экологического факультета МНЭПУ, ученого-энциклопедиста, страстного пропагандиста экологических знаний проф. Н.Ф. Реймерса. Наряду с обширными проблемами современной экологии, он исследовал многие вопросы экологии города, рассматривая его как особую экосистему, обладающую специфической энергетикой и характерным метаболитом. Именно Н.Ф. Реймерс подходил к городу как многоуровневой экосистеме (от городской агломерации до отдельного здания), ввел в научную практику и обогатил экологическим содержанием термин "аркология" (предложен в 50-х годах нашего столетия известным архитектором П. Солери), изложил ее методологические основы, дал оригинальную трактовку понятия "экополис" и т.д. Но, пожалуй, самым выдающимся научным вкладом Н.Ф. Реймерса в экологию явилось обоснование и разработка им территориальных принципов сохранения динамического экологического равновесия. Фундаментальный характер этого научного достижения состоит, в частности, и в том, что на этих принципах во многом основана современная урбоэкология.

Целью настоящего учебного пособия является ознакомление студентов-экологов с экологическими основами градостроительства (урбоэкологией), включающими исследование различных видов взаимодействия городов и их систем с природной средой в историческом контексте, последствий такого взаимодействия, возможных путей достижения относительно равновесного состояния на урбанизированных

территориях, а также разработку мер по экологической компенсации при потере такого равновесия.

Широкий спектр задач экологии человека как биологического и одновременно социального существа, понимание этого научного направления как обширной ассоциации научных и практических дисциплин объективно способствовали появлению частных антропоэкологических ветвей знания, связанных с деятельностью человека. В последние десятилетия получила развитие и экология города (называемая еще и градостроительной экологией), которую более предпочтительно называть **урбоэкологией**.

Город представляет собой место сосредоточения практически всех явлений человеческого бытия. Здесь сфокусировано действие передовых сил общества и современных технологий, что в совокупности определяет город как двигатель прогресса. Среди основных наиболее значимых творений человеческой цивилизации городам принадлежит особое место.

Города во все времена считались лицом цивилизации и в целом отражали ее развитость. В классическом понимании, **город – это компактное поселение людей, жители которого в основном заняты трудом в промышленности, строительстве, сфере обслуживания, управлении, науке, культуре, образовании, здравоохранении и других отраслях экономики, требующих концентрации производственных фондов.**

Международная научная общественность, озабоченная разработкой стратегии устойчивого существования человеческой цивилизации на Земле, создала специальную программу ООН «Устойчивое развитие городов», подчеркивая тем самым глобальность масштабов проблем, связанных с урбанизацией. Важнейшей среди них является экологическая проблема состояния городской среды. Практически вся среда обитания человека в городе создана искусственно: многоэтажные каменные здания, покрытая асфальтом земля, небольшие вкрапления зеленых насаждений, только внешне напоминающих природные экосистемы. Загрязненная воздушная и водная среда, оторванность от природных источников существования, искусственные пищевые добавки, темп жизни, стрессы – все это влияет на состояние здоровья горожан и делает задачу *экологизации городской среды* наиважнейшей на сегодняшний день.

Причинами урбанизации выступают:

- развитие промышленного производства;
- развитие непромышленной градообразующей деятельности;
- межфункциональное взаимодействие (интеграция различных видов деятельности);
- влияние мирового хозяйства, развитие международной торговли.

Урбанизация проявляется в виде:

- развития сети городов и увеличения городского населения;
- развития групповых форм городского расселения – агломераций, мегаполисов;
- усложнения функций городов;
- развития сложной инфраструктуры.

1.1 Предмет урбоэкологии

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.

Урбоэкология – прикладная дисциплина, возникла она из потребностей практики и планомерно-предметный аппарат в ней разработан гораздо более детально, чем теоретические ее основы.

В урбоэкологии используются многие принципы и методы географической, биологической, медицинской и других наук. Вместе с тем, она не является простой их суммой, поскольку отбирает из этих наук лишь самое необходимое для решений градостроительных, преимущественно конструктивных задач, и оперирует всем многообразием урбанистических структур, градостроительных понятий, закономерностей и методов, что в рамках любой другой дисциплины практически невозможно.

Целью урбоэкологии является поиск путей и разработка решений в рамках градостроительства и организации территории в более широком смысле этого слова, 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 исследование процессов взаимодействия урбанизированной и природной среды, 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.

1.2 Научные основы урбоэкологии

Термин "экология" в известной мере утратил единственное, чисто биологическое значение. Современная экология – наука не только биологическая, но и социально-политическая, поскольку отношение человека к природной среде определяется социальным строем и политическими установками общества. Оставлять за экологией место только биологической дисциплины было бы ошибочным потому, что исследовать среду обитания человека, например, невозможно, не используя методы физической и социально-экономической географии, изучать экстремальные условия жизни современного человека нельзя без знаний, накопленных климатологией, метеорологией, гигиеной и т.д. Точно так же, не привлекая для решения вопросов экологии города методологию градостроительства, нельзя обеспечить успешное решение вопросов взаимодействия человеческих поселений и их систем с природной средой.

Урбоэкология опирается на многие научные направления, исследующие различные аспекты взаимодействия общества и природы на урбанизированных территориях. Эти направления составляют научные основы урбоэкологии.

Экологические основы для урбоэкологии имеют первостепенное значение. Значение экологического подхода к градостроительству определяется той исключительной ролью, которую играет живое вещество в планетарных процессах. основополагающие труды В.И. Вернадского, В.Н. Сукачева, С.С. Шварца и других крупнейших ученых показали, что развитая жизнь стала ведущим фактором геологического развития планеты. Биологические закономерности более других определяют темпы и формы превращения вещества и энергии на Земле. И поскольку эволюция биосферы все в большей степени определяется деятельностью человека, будущее экологии – в теории создания измененного мира. Экология становится теоретической основой поведения человека индустриального общества в природе.

Из обширного свода законов, закономерностей, правил общей экологии урбоэкология использует лишь те (в достаточно обобщенной и упрощенной форме), которые необходимо учитывать при рассмотрении особенностей взаимодействия урбанизированной и природной среды. Интерес для урбоэкологии представляют понятия о конкуренции видов, трофических цепях, энергетических пирамидах, продуктивности

экосистем, экологических нишах и некоторые другие. В сильно обобщенном виде эти понятия, принципы и закономерности можно сформулировать как ряд следующих положений, существенных для урбоэкологии:

- *правило 10%*, устанавливающее, что 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 1%*, устанавливающее, что изменение энергетики экосистемы в пределах от нескольких десятых процента до трех процентов выводит систему из состояния гомеостаза;
- важное значение в экологии 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. наличие *эффекта обратных связей* (в вещественно замкнутой системе биосферы вмешательства, связанные с получением определенных экономических выгод, всегда сопровождаются обратными отрицательными реакциями со стороны природной среды);
- необходимость *учета воздействия соседних экосистем*, которым во многом объясняется *резистентность биосферы*;
- важность учета эффекта "привыкания" (нарушенные антропогенной деятельностью и успешно самовосстанавливающиеся крупные природные комплексы более устойчивы к антропогенным нагрузкам, чем девственная природа);
- значимость *эффекта "опушки"* (разнообразие растительного и животного мира в пограничных зонах биогеоценозов различного вида значительно выше, чем в самих биогеоценозах и, следовательно, природная среда в пределах стыков их зон обладает большей устойчивостью и пластичностью).

Для урбоэкологии особенное значение имеют прикладные аспекты синэкологии и в основном на биогеоценотическом уровне. Главный экологический принцип в условиях неизбежного прогрессирующего антропогенного изменения природной среды, обоснованный акад. 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 и др.).

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 должны быть основаны на выполнении следующих условий:

- ❖ А. Биомасса всех основных 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;
- ❖ Б. 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, так как высокая продуктивность сама по себе не гарантирует высокой компенсаторной активности.
- ❖ В. Сложная структура БГЦ в целом и разнородность отдельных его трофических уровней, что обеспечивает 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.
- ❖ Г. Высокая скорость обмена веществом и энергией в БГЦ как предпосылка вовлечения в биотический круговорот всей продуцируемой биомассы в течение короткого времени, что может обеспечить максимальную скорость биологического самоочищения экосистемы.
- ❖ Д. Высшая продуктивность и стабильность экосистемы как 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.

Принципы сохранения динамического экологического равновесия, сформулированные Н.Ф. Реймерсом, открывают новые горизонты в экологической оптимизации особо сложных (характеризующихся разнообразными конфликтными ситуациями) территорий – городских агломераций, пригородных зон, сильно переуплотненных прибрежных курортных районов и т.д.

Окружающую природную среду характеризует высокая пространственная изменчивость, что имеет очень большое экологическое значение. Поскольку важнейшей территориальной наукой является география, географическое изучение окружающей среды – необходимая предпосылка для любых экологических исследований.

Для урбоэкологии особенно важное значение имеют методы физической географии (включая климатологию, метеорологию, биогеографию и т.д.) и в первую очередь ландшафтоведение, геохимия ландшафтов, некоторые разделы социально-экономической и медицинской географии, географии природных ресурсов, населения и др.

Ландшафтоведение в комплексе географических наук, исследующих окружающую природную среду, имеет особое значение, поскольку его объектами являются целостные природные и природно-хозяйственные системы, характеризующиеся взаимодействием слагающих их компонентов. Каждому типу ландшафта соответствует определенное сочетание факторов превращения и перемещения вещества. Поэтому географические методы делают в принципе возможным определение устойчивости природных ландшафтов к загрязнению по сопоставлению характера превращения и объема миграции вещества внутри самого ландшафта, а также интенсивности обмена веществом его со смежными территориями. Знание выявленных геохимических особенностей территорий (в том числе устойчивость ее к антропогенным нагрузкам), использование результатов геохимических исследований в практических целях позволяют в рамках урбоэкологии более обоснованно выполнить соответствующее зонирование территории и наметить необходимые мероприятия по охране окружающей природной среды.

Так же важно для урбоэкологии определение устойчивости ландшафтов к физическим антропогенным нагрузкам – рекреационным, транспортным и другим, выявление динамики ландшафта, что без использования специальных методов физической географии весьма сложно из-за неоднозначности картины последствий воздействия на различные ландшафты. Например, в ландшафтах лесостепной зоны от длительного механического воздействия (вытаптывание травяного покрова, езда без дорог и т.д.) песчаные, лессовидные и супесчаные почвы

быстро теряют связанность и распыляются. При интенсивном вытаптывании в березово-осиновых лесах исчезает подлесок, в травяном ярусе появляются злаки, березово-осиновые леса преобразуются в остепненные березняки и осинники с преобладанием видов растений, характерных для луговой степи, остепненные дубняки уступают место зарослям степных кустарников и т.д.

Одной из важнейших экологических дисциплин является гигиена. Задача гигиены – разработка теоретических основ оптимизации условий окружающей человека среды с позиций его здоровья. Гигиенические критерии широко учитываются в градостроительных исследованиях и проектировании посредством учета предельно допустимых концентраций (ПДК) тех или иных загрязняющих воздух, воду и почву веществ, а также других важнейших показателей в качестве ограничений, критериев зонирования и т.д.

Главной задачей урбоэкологии является обеспечение условий для сохранения и укрепления здоровья людей градостроительными средствами. Без гигиенических нормативов разработать соответствующие предложения практически невозможно. Гигиенические нормативы по установлению санитарно-защитных, водоохраных и других зон, по медицинскому зонированию курортов и др. – необходимые элементы пространственной организации городской среды. Мероприятия по очистке сточных вод, производственных выбросов, организации мусороудаления, по борьбе с локальными проявлениями эпидемиологических и эндемичных заболеваний и многие другие входят как важнейшая составная часть в систему природоохранных мер, разрабатываемых в рамках урбоэкологии.

Очистка стоков, выбросов и отходов – мощное средство в борьбе за сохранение природной среды. Вместе с тем очистка – далеко не оптимальная мера. Ведь *очистные сооружения и устройства сами представляют область загрязнения окружающей среды. Поэтому будущее не за очисткой отходов жизнедеятельности, а за малоотходной технологией*, которая развивается в основном по трем основным направлениям:

- разработка различных типов бессточных технологических систем и водооборотных циклов;
- внедрение систем переработки производственных и бытовых отходов, которые должны рассматриваться прежде всего в качестве вторичных сырьевых ресурсов;
- создание принципиально новых процессов получения традиционных видов продукции, исключая технологические стадии, на которых происходит образование основного количества отходов.

Урбоэкология должна учитывать в первую очередь все те возможности, которые открывают перед ней главные направления в

развитии малоотходной технологии. Особый интерес при этом представляют системы, предусматривающие использование отходов непосредственно в пределах производственной площадки. Перспективным представляется, например, использование доменных шлаков в качестве сырья для цементной промышленности или для производства строительных блоков улавливания серы и других ценных продуктов, производство на этой основе кислот и других химических продуктов и др.

Внедрение в практику "экологичных" инженерных систем, в т.ч. "чистых" и бесшумных видов транспорта, прогрессивных методов водоподготовки, эффективных приемов защиты окружающей среды от воздействия электромагнитных колебаний, радиации, теплового загрязнения особенно эффективно в сочетании с градостроительными методами, обеспечивающими рациональную прокладку инженерных коммуникаций, а также размещение соответствующих инженерно-технических устройств в пределах той или иной территории. Урбэкология должна дать рекомендации по наиболее эффективным приемам сочетания инженерно-технической и планировочной экологической компенсации, которые могут быть использованы при проектировании инженерно-технических коридоров, формировании на территории специальных инженерно-технических секторов и т.д.

Эстетическая составляющая формирования окружающей среды также важный показатель качества среды обитания людей.

Подавляющая человека застройка городов безликими зданиями, киосками, палатками психически травмирует человека, делает его безразличным к среде обитания. Эстетическое (психологическое) "загрязнение" городов на первый взгляд представляется не столь губительным, как традиционные и нетрадиционные загрязнения, имеющие материальную основу. Унылые, лишённые гуманистического содержания жилые районы, безликие фасады одинаковых типовых зданий, плохое озеленение и благоустройство городских территорий создают тягостное впечатление. Наука еще не сказала своего слова по поводу воздействия антиархитектуры на здоровье людей, но можно предполагать, насколько отрицательно влияют на настроение, самочувствие, работоспособность нормального человека унылые проезды и улицы.

То же можно сказать и о межгородских пространствах, буквально на глазах превращающихся в поля свалок, товарных дворов, пустошей. Природные ландшафты все более утрачивают не только экологические, но и эстетические свойства, что также влияет на настроение, а следовательно, и на самочувствие людей.

Получены данные о бесспорном вреде для органов зрения человека, так называемых *гомогенных* и *агрессивных полей*. Поэтому художественное оформление зданий, застройки в целом имеет не только

эстетическое, но и функциональное значение. Гомогенные, однородные поля окружают человека не только на улицах городов, но и в помещениях (гладкие детали интерьеров, применение пластика, древесно-стружечных плит и др.). Не менее опасны для людей и агрессивные поля, т.е. состояние их элементов, равномерно рассредоточенных на одной поверхности.

1.3 Методологические подходы

Урбоэкология развивается как часть градостроительной науки и во многом основана на ее методологии. Для методологии градостроительства характерны несколько научных подходов, из которых наиболее существенны для урбоэкологии – а) территориально-градостроительный, б) комплексный, в) системный и г) биоэкологический.

Территориально-градостроительный подход. Применительно к решению задач урбоэкологии этот подход определяется особенностью мероприятий по охране окружающей природной среды, намечаемых в научных и проектных работах по градостроительству. Эти мероприятия образуют определенную систему, пространственные границы и характер функционирования которой обусловлены конкретной территорией, особенностями и структурой ее планировочной организации. Территория выступает в данном случае как интегрирующая категория и от того, насколько рационально она организована и используется, зависит не только гармоничное развитие и размещение производства социальной сферы, но и действенность природоохранных мероприятий. В свою очередь территориально сбалансированное природопользование – одна из важнейших предпосылок рациональной планировки и застройки городов и их систем.

Комплексный подход. При исследовании и проектировании градостроительных структур очень важно стремиться к достижению наибольшей полноты и комплексности как по горизонтали (охват возможно большего числа представленных на данной территории отраслей хозяйства), так и по вертикали (стремление наиболее полно и всесторонне рассматривать эти вопросы). Это одинаково важно и для аналитических, и для конструктивных разделов, для антропогенной и природной составляющих данной территории, поскольку только совместное рассмотрение всех многообразных проблем может привести к принятию действительно обоснованных и серьезных проектных решений.

Системный подход. Идея системного подхода – рассмотрение того или иного явления как сложного целого, состоящего из совокупности взаимосвязанных элементов, не нова для многих отраслей знания. Крупнейшие открытия в биологии К. Линнея, Ж.Д.Ламарка, Ч. Дарвина,

периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева, учение о биосфере В.И. Вернадского представляют блестящие образцы системного подхода к исследуемым проблемам. В частности и градостроительство (включающее и урбоэкологию) по своей сущности является системной дисциплиной, поскольку главное его содержание состоит в том, чтобы на основе анализа и синтеза взаимосвязей природных, социально-экономических и технических составляющих территории создать интегрированную модель района и в конкретных условиях наметить систему мероприятий для ее реализации.

Число способов системного представления объекта может быть очень большим, поскольку это представление субъективно. Но в любом случае необходимо учитывать два наиболее важных условия: первое – комплексный охват всех существенных природных, экономических и экологических факторов и второе – расчленение любой сложной проблемы на ряд проблем более низкого уровня, требующих особого подхода и имеющих наилучшее решение для рационального функционирования системы в целом.

Биоэкологический подход. Большие масштабы хозяйственной деятельности наносят природной среде огромный ущерб. Но существуют и интенсивные отрицательные обратные связи – угнетение и деградация природы оборачивается для экономики, социальной сферы, общества в целом колоссальными потерями. Чем выше уровень загрязнений окружающей среды, тем больше соответствующие затраты на их предотвращение. Дальнейший рост этих затрат в конце концов может сделать убыточным любое производство. Кроме того, чем ниже затраты на очистку среды, тем больше ущерб от загрязнений и других нарушений в природной среде. В этом заключается экономическое содержание проблемы поиска оптимальных воздействий на природу. Желаемый оптимизм может быть достигнут только в том случае, если дополнительные издержки на предотвращение отрицательных последствий антропогенного пресса на природу по меньшей мере уравновесятся экономией от снижения ущерба, наносимого подобным давлением.

Многообразные природные и антропогенные процессы в настоящее время так тесно взаимосвязаны, что давно уже появилась объективная необходимость подходить к современному производству как к сложной эколого-экономической системе, не противопоставляя экономическую и природную системы друг другу. Ясно, что подобный подход требует осуществления производственных процессов с учетом сохранения равновесия окружающей среды, т.е. по существу реализации принципа рационального природопользования.

Успешное управление современным общественным производством невозможно без объединения методов управления экономическим

развитием с методами управления естественными биологическими процессами в единую методологию управления *биоэкономической системой*, под которой следует понимать *интеграцию экономики и природы*, представляющую собой взаимоувязанное и взаимообусловленное функционирование производства и протекания естественных процессов в природе.

Любой процесс, связанный с деятельностью людей, как и любой естественный процесс, протекает в пространстве и времени. Поэтому особое значение в их гармонизации имеют территориальные дисциплины, в том числе и градостроительство, в котором пока еще преобладает сугубо утилитарный социально-экономический подход. В новых условиях экологическая составляющая градостроительства, т.е. анализ, прогноз, синтез состояния всех компонентов природной среды того или иного города, должна быть значительно усилена. Необходимо по новому подходить к вопросам рационального природопользования на урбанизированных территориях, достаточно надежно учитывать потенциальные возможности экосистем.

1.4 Понятие и определение города

Исключительная сложность города как явления не позволяет сформулировать для него лаконичное и в то же время емкое определение. С помощью кратких определений можно раскрыть лишь отдельные, самые общие черты города.

Существует несколько подходов к определению понятия города, в которых он рассматривается с разных точек зрения.

Критерии выделения городов. Трудности в формулировке определения выявляются при выделении городов среди других населенных пунктов.

Все многообразие городов можно объединить по признаку численности населения – людность, является одним из распространенных критериев. Такой формальный подход, как численность, является одним из самых распространенных подходов в этой проблеме. Такой подход используется, например, в Дании, где населенный пункт, в котором проживает более 250 жителей, считается городом.

Однако чаще всего с формальным, сочетается функциональный подход, в котором помимо численности жителей учитывается характер их трудовой деятельности. Так, в России для придания статуса города необходимо, чтобы 75% жителей населенного пункта были заняты в несельскохозяйственной сфере, а также численность населения должна составлять не менее 12 тыс. человек.

Российские подходы к выделению городов. В отечественной науке существуют подходы к построению иерархии городов на основе их численности. Так, малыми городами считают населенные пункты с численностью до 50 тыс. жителей, средние города – свыше 50 тыс., большие – от 100 до 250 тыс., крупные – от 250 до 500 тыс. и крупнейшие – от 500 тыс. до 1 млн человек. В особую категорию выделяются города с численностью населения в 1 млн человек и более.

Единой для всех стран мира методики выделения городов не существует, хотя ООН предлагает считать городами поселения с 20 тыс. жителей или больше. Между тем часто городами называют и поселения с меньшим, чем пороговое значение числом жителей. Как правило, это связано с сохранением исторического статуса города. Например, г. Верей в прошлом был довольно крупным городом, но с течением времени утратил свое значение и его численность сократилась до нескольких тысяч человек.

Известный российский урбанист Е.Н. Перцик в книге "Города мира" приводит широкий спектр мнений зарубежных исследователей по проблеме определения города. Вот некоторые из них: под городом понимают: "совокупность обитателей, инкорпорированных и управляемых мэром или ольдерменом"; "грандиозное по времени существования и занимаемой площади объединение людей и строений, отличающихся особого рода деятельностью"; "сообщество людей, ведущих своеобразный образ жизни, или часть земной поверхности, разнящейся от окружающей сельской местности определенным типом антропогенного преобразования в виде застройки крупными зданиями и другими характерными сооружениями", "центрированное поселение, большинство работающего населения которого занято несельскохозяйственной деятельностью"; "мы не можем определить городской образ жизни иначе, как противопоставив его сельскому...".

Сложный комплекс города с пригородами, где находятся и сельские населенные пункты, представляет собой агломерацию. Несколько близко расположенных агломераций именуется мегаполисом.

Американская система выделения городов. Наиболее подробная и вместе с тем сложная система критериев для выделения и классификации городов используется в США.

Городской ареал. Городской ареал включает, по крайней мере, один крупный центральный город (муниципалитет) и окружающую территорию (округ) с плотностью населения свыше 1 тыс. человек на акр. Общая численность населения, проживающего в городском ареале, должна составлять не менее 50 тыс. человек. Территория за пределами центрального города называется *городской окраиной*. В 1990 г. в США существовало 396 городских ареалов, в которых проживало 63,6% населения страны.

Метрополитенский ареал – агломерация. Метрополитенским ареалом называется территория, на которой сосредоточена большая масса населения, составляющего ядро, и близлежащие районы (округа), которые объединены в экономическом смысле с ядром.

Центральный округ. Центральным округом называется округ, в котором: 1) большинство населения проживает в городском ареале или 2) по крайней мере, 2 млн 500 тыс. его жителей живут в центральном муниципалитете.

Населенный пункт городского типа. Населенным пунктом городского типа называется географический район с населением, по крайней мере, 2500 человек, сосредоточенным на относительно небольшой территории. Бюро переписей относит к городскому населению страны всех людей, проживающих в городских ареалах, плюс людей за их пределами, живущих в населенных пунктах городского типа. В соответствии с этим определением в 1990 г. примерно 3/4 населения США проживали в городских ареалах.

Как видно из приведенных определений, большинство исследователей сходятся во мнении, что городом является поселение, по своим функциональным признакам отличающееся от сельской местности.

Понятие "город" имеет ряд других определений. По Р. Мерфи, территорию сплошной застройки, включающую юридический город и примыкающую к нему внешнюю зону, называют "реальным городом", "городом из кирпича и цемента", физическим городом" или "географическим городом". По Г.Н. Озеровой и В.В. Покшишевскому, город – это крупный населенный пункт, выполняющий промышленные организационно-хозяйственные, управленческие, культурные, транспортные и другие (но не сельскохозяйственные) функции; соответственно, большая часть его населения занята вне сельского хозяйства.

По мнению французских урбанистов, "определение городского поселения является в корне вопросом функции, а не величины поселения" (Перцик, 1999).

Вопросы для самопроверки

- 1. Что включает в себя понятие «урбанизация»?*
- 2. Чем кроется причина урбанизации?*
- 3. Что составляет объект, предмет урбоэкологии?*
- 4. В чем кроются методологические подходы урбоэкологии?*

2. РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ И ГОРОДСКИХ СИСТЕМ

На Земле примерно 15 млн человеческих поселений – городов, поселков, сел, деревень, хуторов. Все они находятся в сложном взаимодействии с природой. Сила и направленность такого взаимодействия в разные исторические эпохи менялась в зависимости от развития тех или иных форм расселения, темпов роста городов, их технической оснащенности и многих других факторов. Воздействие современных городов на биосферу на несколько порядков превосходит влияние на природу поселений прошлых эпох. Для того, чтобы более предметно представить себе масштабы взаимодействия современных городов с природной средой, характер и направленность этого процесса, целесообразно хотя бы в общих чертах остановиться на наиболее важных для урбэкологии вопросах развития городов и городских систем.

2.1 Города древнего мира и средневековья

Первые поселения возникли на Земле, вероятно, 10–12 тысяч лет тому назад, когда земледелие стало превращаться в одно из важнейших занятий человека. Эти поселения насчитывали не более 100–150 человек и были достаточно отдалены друг от друга. Примерно в радиусе 3–4 км от поселения природный ландшафт подвергался довольно сильной деформации – естественный биогеоценотический покров постепенно преобразовывался в агроценозы (обрабатываемые поля, огороды и т.д.). Площадь обрабатываемых участков была невелика, ближайшее окружение поселения представляло собой мозаику преобразованных и естественных ландшафтов, обладая еще очень высоким экологическим потенциалом. В радиусе до 10–15 км ландшафт был еще менее преобразован человеком, который использовал его как охотничьи угодья и естественную кладовую (сбор ягод, грибов, орехов, меда и т.д.). В целом человек верхнего неолита в силу своей малочисленности (считают, что население Земли в то время не превышало 1–1,5 млн чел.) и сравнительно невысокого удельного давления на природу хорошо "вписывался" в биотический круговорот, хотя первый антропогенный экологический кризис, вызванный перепромыслом крупных животных (кризис консументов), пришелся именно на это время.

Города возникли в III тысячелетии до нашей эры как результат все более сильного территориального разделения труда, выделения из земледелия торговли и ремесленничества. Первые крупные города возникли около 4 тыс. лет назад в густонаселенных сельскохозяйственных

районах Месопотамии, в долинах рек Нила, Инда, Хуанхэ. Города возникали как резиденции правителей, как крепости, центры торговли.

Расцвет рабовладельческого строя стал одновременно и порой расцвета городов древнего мира, достигших внушительных размеров. Так, например, Вавилон (Ассирия) и Мемфис (Египет) насчитывали по 80 тыс., Афины в период правления Перикла – 300 тыс., Карфаген – 600 тыс., а Рим эпохи Августа Октавиана – даже 1 млн жителей. Древние города за небольшим исключением отличались скученностью населения, низким уровнем благоустройства. Плотность населения в Александрии времен царицы Клеопатры достигала 760 человек, в Риме при императоре Августе – 1500 человек на 1 гектар, в то время как этот показатель у современных Лондона, Токио и Нью-Йорка (Манхэттен) составляет соответственно 700, 920 и 1000 человек на 1 гектар.

Города были тесно связаны с сельским хозяйством, в них жили многие крестьяне. Давление на природу, окружавшую города вследствие более интенсивных, чем ранее, земледелия и животноводства, резко возросло – мозаичные ландшафты в пригородах уступали место монокультурам, эрозия почв стала обычным явлением. Богатея на грабежах и войнах, забирая с огромных территорий продукты питания, ткани, кожу, предметы роскоши, города становились не только социальными, но и экологическими паразитами. Так, Древний Рим забирал воду из всех окрестных источников в радиусе до 100 км. На каждого жителя центральной части Рима расходовалось огромное количество воды – свыше 1000 л в сутки (это в 2–3 раза превосходит водопотребление современных западно-европейских столиц). В Риме находилось в то время 11 гигантских терм, вмещавших по 2500 человек каждая, 850 купален, 1350 общественных водоемов, огромное количество хозяйственно-бытовых фонтанов. Термы Каракаллы, например, занимали почти 40 га, в них одновременно могли находиться 3000 человек.

Одновременно с этим уровень транспортного обслуживания и санитарного благоустройства в городах древнего мира был чрезвычайно низким. Так, ширина улиц в Риме не превышала 1,5–4 м, в Вавилоне – 1,5–3 м. Не случайно, сетуя на перенаселенность и тесноту Древнего Рима, Ювенал назвал его улицы "кипящими": "Я тороплюсь, но мне преграждают движение толпы людей впереди, идущие сзади целым отрядом напирают мне в спину. Один ударит меня локтем, другой ударит крепким шестом, кто-то стукнет меня по голове бревном, кто-то толкнет корзиной. Ноги у меня в грязи по колени; куда не повернись, тебе на ногу наступит здоровенная ступня..."

Поток колесниц, конников и повозок создавал пробки на римских улицах. При Юлии Цезаре сенатом был принят специальный закон,

согласно которому для передвижения различных видов экипажей были определены особые часы.

Не вполне здоровыми были и оживленные густонаселенные районы Древнего Рима, располагавшиеся в сырых, плохо проветриваемых низинах, называвшихся Клоакой. В последующие эпохи это имя стало нарицательным. Все это нередко приводило к вспышкам эпидемий. Так, первая пандемия чумы, вошедшая в литературу под названием "Юстиниановой чумы", возникла в VI веке в Восточной Римской империи и охватила многие страны мира. За 50 лет чума унесла около 100 млн человеческих жизней (почти одну треть населения древнего мира!).

Уже в древнюю эпоху у многих философов и других ученых древности возникают сомнения относительно целесообразности общественного и функционального устройства современных им городов.

Еще в древнейшем эпосе о Гильгамеше в описании древнего Урука (III тыс. до н.э.) приводится соотношение застроенных и незастроенных пространств в городских стенах. Позже Платон, Аристотель, Гипподам Милетский, Гиппократ, Витрувий и другие мыслители выступали с трактатами, в которых рассматривались вопросы оптимального размера поселений и их общественного устройства, гигиены поселений и их благоустройства, планировки городов и многообразные проблемы строительного искусства и архитектуры.

Концепцию греческого градостроительства отражали представления Платона (V–IV в. до н.э.), считавшего, что в идеальном случае город должен быть распланирован таким образом, чтобы каждый его участок имел кратчайший выход за город, а все жители имели бы дома и в городе, и вне его. Гиппократом (V в. н.э.) были обоснованы принципы выбора места строительства города с учетом господствующих ветров и влияния их на микроклимат и здоровье горожан.

Византийское градостроительное законодательство, принятое в виде "Закона градского" в составе "Мерила праведного" конца X в. и Кормчих книг XII в., определяло пространственную структуру города с учетом его взаимосвязей с окружающей местностью.

В средневековье вместе с пришедшим на смену рабовладельческому строю феодализмом зародился новый тип города – город-крепость, окруженный мощными оборонительными сооружениями. Средневековые города, как правило, уступали по размерам поселениям древнего мира и редко насчитывали более нескольких десятков тысяч жителей. Численность населения наиболее крупных из них, например, Лондона и Парижа достигала в XIV веке соответственно 100 тыс. и 30 тыс. жителей.

Вместе с тем, гигиенические проблемы в них были не менее острыми, чем в городах древности, и главной угрозой для жителей оставались эпидемии. Вторая пандемия чумы – "черная смерть",

вспыхнувшая в XIV веке, унесла, например, почти треть населения Европы. Полное отсутствие благоустройства в средневековых городах приводило и к трагедиям иного рода – известно, например, что в одном из европейских городов прямо на улице утонул некий феодал, на земле которого стоял город.

Имеются и письменные свидетельства о состоянии городов того времени. В богатом Франкфурте-на-Майне уже в конце XVI в. лишь по поводу коронации императора Максимилиана II некоторые улицы были очищены от навоза. В Нюрнберге на улицах было столько грязи, что верхом ездить было небезопасно. Канцлер императора Карла IV докладывал, что "жители Гутлинга предостерегали императора Фридриха III, чтобы он не ездил к ним в город и когда он все-таки поехал, его лошадь завязла в грязи". В вольном имперском городе Рейтлинге тот же император чуть не утонул вместе с лошадыю в бездонной уличной грязи.

Эпоха Возрождения ознаменовалась значительным развитием градостроительных идей – прежде всего, появлением большого числа градостроительных утопий – "идеальных" городов Т. Кампанеллы, Т. Мора, Филарете и других авторов. Схематизм этих городов, их подчеркнутая геометричность – своеобразный протест человека Возрождения против архаичных, некомфортных и хаотично развивающихся городов средневековья. Были среди предложений той эпохи и созвучные нашему времени идеи. Так, например, Л.Б. Альберти признавал чрезвычайную сложность и неоднозначность градостроительных проблем, что, бесспорно, отличало его взгляды от многочисленных урбанистов-утопистов того времени.

2.2 Города абсолютизма и индустриальной эпохи

Период феодального абсолютизма был одновременно и эпохой меркантилизма, т.е. временем накопления царствующими домами наиболее крупных государств Европы больших богатств. Строились пышные резиденции, крупные светские и церковные ансамбли и отдельные здания. В XVII–XVIII веках значительное развитие получила т.н. регулярная планировка городов, характеризующаяся геометрически правильным рисунком кварталов, и особенно садово-парковое искусство. Огромные, созданные руками человека парковые ансамбли Рима, Версаля, Потсдама, Петергофа и других резиденций королей и императоров становятся не только местом отдыха и увеселений, но и важными элементами пригородной "экологической архитектуры". Особенно большую известность получил садово-парковый ансамбль в резиденции

французских королей Версале, созданный А. Пенотром, ставший примером для подражания во многих государствах Европы.

Вместе с развитием архитектуры росло и население, в первую очередь городов, бывших важными административными и хозяйственными центрами. По сравнению с предыдущими веками оно увеличилось в несколько раз и достигло в крупнейших городах (Париж, Лондон, Москва и др.) 200–300 тыс. человек. Особое значение стала приобретать охрана лесов от незаконной вырубki на пригородных территориях. Оживляется законодательная деятельность, направленная на упорядочение природопользования. Соответствующие указы и уложения появились и в России. Уже в то время пахотные и выгонные земли прирезались к городам в соответствии с числом их жителей, принималось во внимание количество лесов в той или иной округе, необходимых для строительства новых городов, регламентировалась охота, устанавливались места рыбной ловли. Одновременно определялись качество и количество земли в уездах, число сел и деревень около городов.

Охрана внегородских территорий получила свое выражение в правилах охоты, петровских указах о запрещении рубок (например, в заповедной Алексеевской роще, Сокольниках), об использовании ближайших к городу территорий для разбивки больших плодовых садов (царский сад на Воронцовом поле, "аптекарский огород" и др.). Все это, тем не менее, не могло существенно оздоровить городскую среду. Санитарное состояние городов оставалось по-прежнему неудовлетворительным. Эпидемии чумы, холеры, других опасных болезней в то время не были редкостью.

Промышленная революция, созревшая на базе великих географических открытий и набравшая силу вместе с новыми, прогрессивными для того времени общественными отношениями капитализма, привела к бурному развитию промышленности и, как следствие этого, городов, в которых ранее всего проявились отрицательные последствия индустриализации и урбанизации.

С развитием мануфактур функциями городов стали производство товаров и услуг, управление и межрайонный обмен. Феноменальный процесс роста городов был порождением эпохи развитого капитализма и индустриализации мирового хозяйства. Причинами роста численности городского населения были: а) миграция людей из сельских местностей и из других стран в города; б) прирост населения в городах благодаря превышению рождаемости городского населения над смертностью.

Стремительно растущие города быстро превзошли по величине своих предшественников. К 1800 г. миллионный рубеж перешагнул Лондон, к 1850 г. – Париж; к началу XX в. в мире было уже 12 миллионеров (в том числе – С.-Петербург и Москва), а стремительный

рост городов в Англии, Германии, США, Франции, некоторых других странах продолжался и далее.

Скученная застройка, антисанитарные условия в рабочих кварталах крупнейших промышленных центров, таких, как Манчестер, Бирмингем, Лион и многих других, эпидемии холеры, брюшного тифа и других опасных болезней дали, в частности, повод в свое время классикам марксизма поставить под сомнение само существование крупных городов.

Самым грозным проявлением дисгармонии человека и природы была эпидемиологическая опасность. Реки в городах были очень сильно загрязнены. "Черная Темза" в Лондоне, зловонные водотоки и водоемы в других крупных городах были источниками кишечного-желудочных эпидемий. Так, в 1837 г. в Лондоне, Глазго и Эдинбурге брюшным тифом заболела десятая часть населения (примерно треть больных умерли). Нередким гостем была и холера (с 1817 г. по 1926 г. отмечено 6 пандемий этой болезни), не обходившая и Россию, где только в 1848 г. от этой болезни погибло около 700 тыс. человек.

Со временем благодаря достижениям науки и техники, успехам санитарии и гигиены, развитию в городах водопроводного и канализационного хозяйства, а также борьбе рабочих за свои права, эта опасность была значительно ослаблена.

С эпидемиологической опасностью в крупных городах в основном было покончено, но все более ощутимой становилась новая, не менее грозная экологическая проблема – прогрессирующее загрязнение воздушного, водного бассейнов, почвенно-растительного покрова, деградация природных ландшафтов. Положение усугубилось чрезвычайной плотностью городских поселений на территории многих стран и прежде всего Англии, Бельгии, Голландии, некоторых районов Германии и Франции, что нередко приводило к слиянию городских пространств в городские агломерации, обширные зоны с деградированной природой.

Как вид расселения агломерации населенных мест были известны и до промышленной революции. Феодальные замки строились нередко близко друг от друга и обрастали посадами, образуя своеобразные небольшие агломерации. Английские центры текстильной промышленности XVII и XVIII вв. представляли собой ряд городских территорий, где главные города были окружены деревнями, население которых занималось как земледелием, так и производством тканей. Подобные "агломерации" известны в Германии, России (текстильные фабричные села в центрально-промышленном районе) и многих других странах. Однако здесь важно рассмотреть агломерации иного типа, качественно отличающиеся от традиционных "капиталистических" городов и их скоплений. Возникновение этих урбанистических

образований связано с наступлением постиндустриальной эпохи и развитием научно-технической революции.

2.3 Города постиндустриальной эпохи

Еще немногим более столетия тому назад всего 5% населения земного шара жило в городах (причем 2% в больших с населением свыше 100 тыс. жителей) и только один город – Лондон – насчитывал более 1 млн жителей.

Социально-экономическая обстановка на Земле привела к неуправляемости процесса урбанизации во многих странах. Процент городского населения в отдельных странах мира равен: Аргентина – 83, Австралия – 75, США – 80, Германия – 90, Швеция – 83, Россия – 72.

В XXI в. вопросы, связанные с ростом городского населения, вошли в число важнейших глобальных проблем современности. В 1800 г. горожан было всего 4,7% мирового населения; в 1900 г. – 19%; в 1996 г. – 46%, в 2000 г. уже 50%. К настоящему времени доля городского населения составляет 3/5 общего числа жителей стран мира (табл. 2.1.).

Таблица 2.1

Рост городского населения мира с 1975 по 2025 гг.

Континент	Численность, млн. чел.			Доля городского населения, %		
	годы					
	1975	1995	2025	1975	1995	2025
Африка	104	250	804	25	34	54
Европа	454	535	598	67	74	83
Северная и Центральная Америка	235	332	508	57	68	79
Южная Америка	138	249	406	64	78	88
Азия	592	1198	2718	25	35	55
Океания	15	20	31	72	70	75
Мир в целом	1538	2584	5065	38	45	61

Городское население в последнее время растет вдвое более высокими темпами, чем население Земли в целом.

И сегодня ничто не свидетельствует о повсеместном замедлении роста городов на Земле, городов – миллионеров более 350. Примерно половина из них с населением более 3 млн чел. каждый (рис. 2.1.). В

развивающихся странах по величине превосходят традиционных "рекордсменов" – Нью-Йорк, Токио, Лондон.

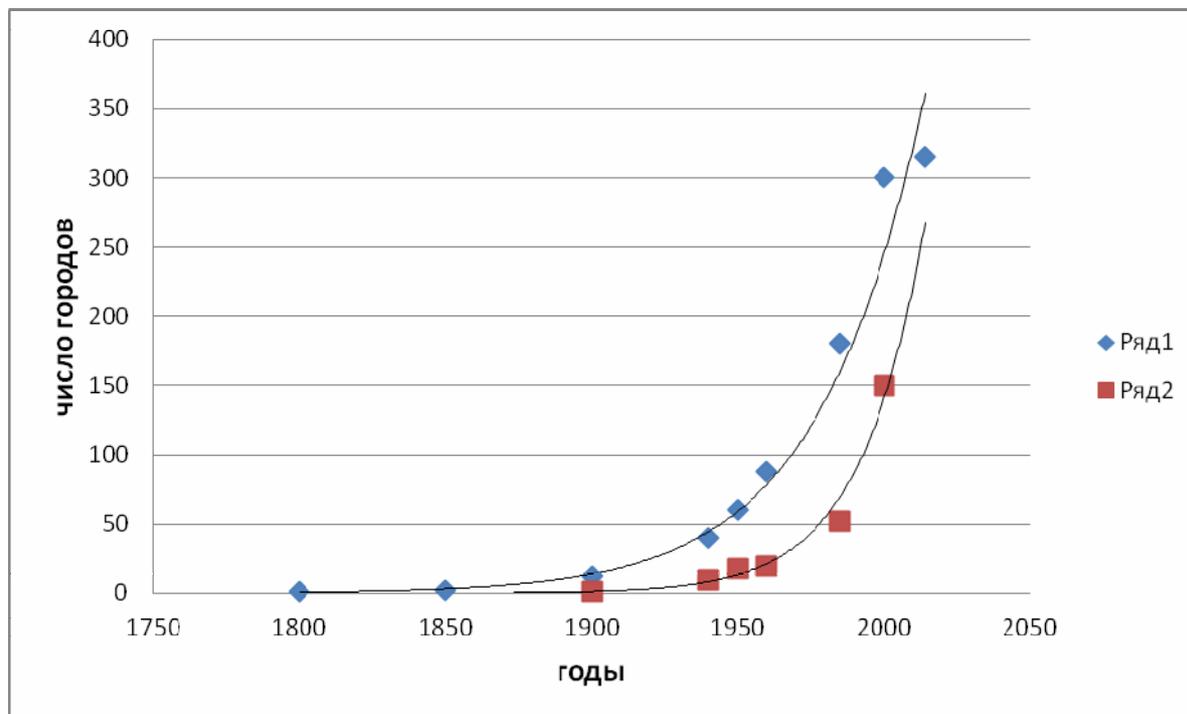


Рис. 2.1 Рост числа крупнейших городов в мире: города- миллионеры (1) и города с населением более 3 млн (2)

Процесс развития современных городов определяется не только их количественным ростом. Города меняются качественно – в различных районах Земли возникают гигантские метрополии, сгустки городов с многочисленным населением. Их территории распространяются на многие сотни квадратных километров, поглощая соседние поселения и образуя гигантские городские **агломерации** и урбанизированные районы, простирающиеся в отдельных случаях на тысячу и более километров.

Крупные города, разрастаясь, «поглощают» пригороды, образуя зоны сплошной застройки, функционально тесно связанные с ядром города, – это так называемые **агломерации** (от лат. *agglomerare* – накапливаю, присоединяю). Городские агломерации стали сегодня основной формой расселения в индустриально развитых странах (табл. 2.2.). Но и агломерации не являются высшей формой концентрации населения. В США, Японии и Западной Европе сложились скопления агломераций, слившихся друг с другом и образующих сплошную полосу – **мегалополис** (от греч. *megas* – большой, *polis* – город); для примера назовем мегалополис Бостон – Вашингтон на атлантическом побережье США. Сформировался огромный урбанизированный район, занимающий 150 тыс.

км² с населением 40 млн человек, (слившиеся агломерации Бостона Нью-Йорка, Филадельфии, Балтимора и Вашингтона). Считают, что к концу века в США сформируются три гигантских урбанизированных района – Босваш (Бостон-Вашингтон), Чипитс (Чикаго-Питтсбург) и Сансан (Сан-Франциско – Сан-Диего) с населением соответственно 80 млн, 40 млн и 20 млн человек.

Таблица 2.2

Крупнейшие города мира в 1995 — 2015 гг.

Агломерация	Год	Населе- ние, млн чел.	Агломерация	Год	Населе- ние, млн чел.
Токио (Япония)	1995 2015	26,8 28,7	Карачи (Пакистан)	1999 2015	14,0 20,6
Мехико (Мексика)	2002	20,9	Каир (Египет)	2000	16,0
Сан-Паулу (Бразилия)	1995 2015	16,5 20,8	Париж (Франция)	1999	10,0
Нью-Йорк (США)	2000	21,2	Тяньцзинь (Китай)	1994	10,3
Бомбей (Индия)	2002	16,0	Манила (Филиппины)	1992	10,5
Шанхай (Китай)	1997 2015	17,0 23,4	Москва (Россия)	2002	10,4
Лос-Анджелес (США)	2002	16,6	Джакарта (Индонезия)	1996	9,3
Калькутта (Индия)	2002	13,8	Дакка (Бангладеш)	2002 2015	10,1 19,0
Буэнос-Айрес (Аргентина)	1999	13,9	Стамбул (Турция)	1995	7,7
Сеул (Южная Корея)	1997	12,5	Лондон (Великобритания)	1999	7,1
Пекин (Китай)	1996 2015	10,7 19,4	Чикаго (США)	1998	8,8
Осака (Япония)	1995	10,6	Тегеран (Иран)	1996	6,8
Лагос (Нигерия)	1995	10,3	Лима (Перу)	2002	7,6
Рио-де-Жанейро (Бразилия)	1995	10,2	Бангкок (Таиланд)	2000	6,3
Дели (Индия)	1995	9,9	Эссен (Германия)	1995	6,5

На тихоокеанском побережье Японии в результате слияния агломераций Токио, Иокогамы, Киото, Нагой, Осаки и Кобе складывается одна из крупнейших в мире конурбаций – Токайдо с населением 60 млн человек, а это половина населения страны.

Огромные многомиллионные агломерации сформировались в ФРГ (Рурская), Англии (Лондонская и Бирмингамская) и Нидерландах (Рандстад-Холланд) и др.

Особенно быстро растут города-гиганты. Если в 1950 г. на Земле было два мегаполиса – Нью-Йорк (12,3 млн чел.) и Лондон (8,7 млн чел.), то в 1990 г. число крупнейших городов с населением свыше 8 млн человек увеличилось до 21, из которых 16 относились к развивающимся странам.

Сверхгорода и прилегающие к ним территории являются своего рода «узлом» значительной антропогенной нагрузки на окружающую природную среду. Занимая всего 2% площади обитаемой суши, ареалы городов концентрируют около 50% мирового населения; здесь производится 4/5 всей промышленной продукции. Города являются крупнейшими центрами потребления всех природных ресурсов. Дефицит энергии, сырья и особенно качественной питьевой воды все более остро проявляется в большинстве крупных городов мира. Ускоряющийся процесс урбанизации, порождает массу проблем социально-экономического плана и заметно усложняет условия проживания людей. Плотность населения в городах весьма высока: Нью-Йорк – 10 тыс. /км², Париж – 12 тыс., Токио – 14 тыс., Москва – 9 тыс.

В Российской Федерации число городов с населением свыше миллиона жителей в настоящее время составляет 15 единиц, а Москва и Санкт-Петербург (города-мультимиллионеры, с населением более 1,5 млн) останутся в разряде многомиллионных. Вырастают и другие крупные города и в первую очередь "кандидаты" в миллионеры, т.е. с населением от 500 тыс. до 1 млн, а также их число (Саратов, Краснодар, Тольятти – так называемые города-субмиллионеры).

Быстрый рост гигантских урбанизированных районов, получивших за рубежом название мегаполисов, дал повод некоторым урбанистам считать, что этот вид расселения будет преобладать уже в следующем столетии.

2.4 Формы организации городского пространства

Каждый город имеет свою историю, и, несмотря на их разнообразие расположения, особенностей развития, имеются некоторые внешние облики городов – по планировочной структуре их можно отнести к определенному типу:

- **европейский тип**, имеет компактную застройку, представленную старыми зданиями в центре и современными микрорайонами на окраине;
- **американский тип**, застройка в основе малоэтажности, коттеджи; деловая часть выделяется скоплением высотных домов;
- **города Латинской Америки** имеют старую часть, выстроенную во времена колониального господства, и современные многоэтажные кварталы, окраины заняты трущобами;
- **города Центральной и Южной Африки** представляют собой самые настоящие деревни с хижинами, огородами, крайне низким уровнем благоустройства;
- **азиатский тип**, характеризуется очень плотной, преимущественно малоэтажной застройкой. Традиционно азиатские города – это дома с плоскими крышами и глухой стеной, выходящей на улицу;
- **арабский тип**, город имеет 3 части:
 - старое ядро (касбу) с очень плотной застройкой;
 - европейские кварталы из многоэтажных домов;
 - периферийная зона, состоящая из трущоб.

Формы организации городского пространства. Внутренняя структура городской территории представляет собой довольно интересный и важный объект. Так, грамотное административное деление города позволяет успешно решать проблемы его управления. Например, выделение определенной территории, имеющей какую либо культурно-историческую или природную доминанту, в самостоятельную единицу – район, повышает его привлекательность для жителей и гостей, а также увеличивает престиж всего города в целом. Всем хорошо известны такие районы или части города, как Манхэттен в Нью-Йорке, Китай-город в Москве, Ист-Энд в Лондоне, Латинский квартал в Париже и т.д.

Как отмечает Е.Н. Перцик, изучение микрогеографии городов необходимо для того, чтобы "раскрыть общие закономерности в формировании территориальной организации городов и, зная их, научиться управлять ими".

Можно выделить существенно различающиеся зоны в пределах одних и тех же агломераций.

Историческое ядро города. Историческое ядро города – очень небольшая по размерам территория, в которой сосредоточены наиболее выдающиеся в архитектурно-историческом отношении сооружения, административный, культурный и деловой центры агломерации.

Для исторических центров европейских столиц характерны очень плотная застройка, складывавшаяся в течение многих веков; унаследованная от исторического прошлого радиально-кольцевая или

близкая к ней планировка; постепенное вытеснение жилой застройки зданиями правительственного или делового значения; широкое развитие культурно-зрелищных, торговых учреждений, отелей, музеев и т.д. Дневное население резко превышает ночное. Численность постоянного населения непрерывно снижается (в Москве в 1959–1980 гг. – с 931 до 200 тыс. человек, в Париже в 1954–1984 гг. – с 1026 до 600 тыс., в Лондоне в 1951 – 1981 гг. – с 246 до 200 тыс. человек). Для центра Нью-Йорка характерна исключительно плотная высотная застройка; количество рабочих мест в Центральном деловом районе (южная часть о-ва Манхеттен южнее Центрального парка) – 2,5 млн, что в пять раз больше ночного населения; общая численность постоянного населения в 1970–1990 гг. снизилась.

Таковы исторический центр Москвы в пределах Садового кольца; исторический центр Петербурга в условных границах, связывающих главные вокзалы и центральные станции метро; "Священный овал", "Прекрасный Париж" – оба берега Сены от Нотр-Дама до площади Шарля де Голля и от Монмартра до Монпарнаса; центральное ядро Лондона, включающее Сити, Вестминстер и Вест-Энд; южная часть графства Нью-Йорк, занимающего территорию о-ва Манхеттен.

Центральная зона города включает, помимо исторического ядра, ближайшую к нему интенсивно застроенную территорию, сформировавшуюся в европейских столицах в основном также до середины XIX в. (в дожелезнодорожную эпоху) и позднее охваченную кольцом железных дорог, вокзалов, промышленных и складских территорий. В следующие десятилетия эта зона существенно трансформировалась, но в значительной мере еще сохраняет старую планировку, здесь много ценных сооружений. По мере роста и территориального расширения административных, деловых, культурных, научных, торговых функций столиц эта зона все более перестраивается, подвергается перепланировке, изменяет свой облик и, что особенно важно, приобретает функции центра.

К центральным районам столиц могут быть отнесены центральная планировочная зона Москвы, ориентировочно в границах окружной железной дороги с примыкающими территориями; так называемый город и департамент Париж в черте "бульваров маршалов", заменивших снесенные в 1840 г. городские стены; так называемый собственно Лондон – б. Лондонское графство, включавшее Сити и внутреннее кольцо старых пригородов – 12 городских округов; центральная зона Петербурга до Обводного канала, включая Васильевский остров, Петроградскую сторону.

Для центральных зон в целом, как и для исторических ядер столиц, характерно значительное превышение численности дневного населения

над ночным, постепенное снижение численности постоянного населения. К центральной зоне Нью-Йорка с известной условностью может быть отнесена вся территория графства Нью-Йорк (о-в Манхеттен – 57 км²).

Внешняя зона города. Критерии выделения внешней зоны города могут быть различными.

В настоящее время основная часть населения столичных городов сосредоточена в периферийных зонах, и по мере того, как вся территория этих зон заполняется сплошной застройкой, их население растет, но затем обнаруживает объективную тенденцию к снижению и экспансии за пределы городской черты.

– внешняя зона города в Москве и Петербурге административно включена в город (в Москве - в границах МКАД, в Петербурге – в городскую черту без населенных пунктов, подчиненных его администрации);

– в Париже выделена в так называемый "первый городской пояс", к которому отнесены 70 коммун, образовавших большую часть трех департаментов первого пояса (О-де-Сен с административным центром Нантер, Сен-Сен-Дени с центром Бобиньи, Вальд-де-Марн с центром Кретеи), вместе с департаментом "Париж" они составляют фактическую территорию Парижа, или, по принятой во французских источниках терминологии, "агломерацию в узких границах";

– в Лондоне к периферийной зоне города может быть отнесен так называемый внешний пояс "старых пригородов", включающих 20 городских округов;

– в Нью-Йорке к этой зоне могут быть отнесены четыре графства (Бруклин, Квинс, Бронкс, Ричмонд), которые вместе с графством Нью-Йорк на о-ве Манхеттен образуют собственно Нью-Йорк (Нью-Йорк-сити).

Пригородная зона. Г.М. Лаппо отмечает, что пригородная зона «формируется под влиянием города, который стремится как можно полнее использовать окружающую территорию для удовлетворения его многообразных потребностей. Многофункциональность, нередкая конфликтность ситуаций, ограниченность ресурсов усложняют рациональное устройство пригородной зоны. Решение этой задачи закладывается в проект районной планировки пригородной зоны, который разрабатывается в комплексе с генеральным планом города.

Пригородная зона наделяется функциями, обеспечивающими жизнедеятельность города. Особо важное значение имеет сохранение экологического равновесия городской застройки и пригородных ландшафтов, что достигается соответствующими соотношениями застроенных и открытых пространств, устройством экологического каркаса территории, установлением такой антропогенной нагрузки на ландшафты, при которой природа сохраняла бы свою способность к восстановлению.

Пригородная зона обеспечивает город необходимыми для его жизнедеятельности природными ресурсами, прежде всего водными и служит местом производства малотранспортабельной и скоропортящейся сельскохозяйственной продукции. Она становится поставщиком для строек города строительных материалов из добываемых здесь же глины, песка, гравия, известняка, если их производство не вступает в резкое противоречие с требованиями охраны окружающей среды.

Пригородная зона служит и зоной отдыха. Получают развитие разные его виды и создается рекреационная инфраструктура, призванная обеспечить нужды отдыхающих. Рекреационные потребности населения учитываются при развитии транспортных сетей.

В пригородной зоне размещаются многие объекты коммунально-хозяйственного комплекса города: водопроводные станции и станции аэрации, полигоны для захоронения отходов, мусороперерабатывающие заводы, электроподстанции, тепловые электроцентрали. Здесь же находят место наиболее сложные и емкие по территории транспортные устройства и системы: аэропорты, сортировочные и грузовые станции, складские сооружения, грузовые речные порты.

Вся эта система жизнеобеспечения города возникает отнюдь не на свободной территории. В пределах территории, которую город склонен рассматривать как свою пригородную зону, подчиняющуюся его интересам, формируется агломерация, в состав которой входят и центры, независимые от города или связанные с ним узами партнерства, а не подчинения. Это обстоятельство весьма осложняет решение задачи территориального устройства пригородной зоны. Наряду с интересами города-центра необходимо учитывать также и интересы возникающих вблизи города поселений. Например, вокруг Москвы формируется рекреационная зона не только столицы, но и десятков подмосковных городов. То же можно сказать о зоне пригородного сельского хозяйства, об источниках водоснабжения, о системе очистки сточных вод и т.д.

Согласно рекомендациям градостроителей, радиус пригородной зоны больших городов устанавливается в среднем (для расчета брались города, расположенные в средней полосе России): для города с числом жителей свыше 1 млн – 35–50 км, 0,5–1 млн – 25–30 км, 0,1–0,5 млн – 20–25 км.

Для ряда практических задач возникает необходимость определить границы зоны тяготения, которое проявляется в разных сферах (как к месту приложения труда, месту учебы, центру торговли, медицинского обслуживания, театральному центру и т.д.) Его масштабы зависят от ряда факторов, среди которых главные: привлекательность города-центра, определяемая набором, емкостью и качеством оказываемых услуг, и

условия доступности, выражаемые в затратах времени, необходимых для посещения центра.

Наиболее массовыми и характеризующимися ритмичностью, правильным распределением во времени в зоне (районе) тяготения предстают трудовые связи населения, т.е. поездки от мест жительства к местам приложения труда, расположенным в другом населенном пункте, в первую очередь из поселений пригородной зоны в город-центр. Максимально допустимые, с точки зрения населения, эти затраты имеют тенденцию в течение длительного времени сохраняться неизменными (или мало изменяющимися). В результате при постоянстве затрат времени на трудовые передвижения радиус зоны трудового тяготения с прогрессом транспорта существенно меняется.

Таким образом, город и окружающий его район необходимо рассматривать как единое целое.

Следовательно, планировочные мероприятия должны обеспечивать усиление этого единства, предусматривать создание единых систем расселения, транспортной, инженерной, рекреационной инфраструктур, единого экологического каркаса, а также сопряженное и согласованное развитие планировочных структур и планировочных каркасов города и района.

В целостном единстве "город-район" городу принадлежит активное, организующее начало. Он выступает побудителем изменений в своем окружении, определяя устройство пригородной территории – специализацию и зонирование сельского хозяйства, формирование пригородного расселения, развитие дорожной сети и др.

Поскольку взаимодействие в равной степени важно как для города-центра, так и для его окружения, то одной из ключевых задач планировки территории становится формирование рациональных, эффективных систем коммуникаций, обеспечивающих взаимодействие. От этого во многом зависит качество расселения.

Взаимоотношения города и его окружения должны основываться на соблюдении баланса интересов. Город не вправе рассматривать прилегающую территорию лишь как резерв собственного развития. Это территория, в стабильности и устойчивости которой он сам должен быть заинтересован.

Внешняя зона столичного региона. Под столичным регионом следует понимать зону, на которую распространяется непосредственное и интенсивное влияние столицы и необходимы связанные с ней целенаправленные градостроительные мероприятия; однако здесь перестает действовать важнейший градостроительный параметр, конструирующий агломерацию, – ежедневные маятниковые трудовые передвижения.

Внешняя зона становится ареной крупных мероприятий по развитию систем городов – "контрмагнитов", способствующих разгрузке агломерации, по созданию рекреационных зон, сельскохозяйственных баз и т.п., однако характер градостроительной политики здесь должен быть существенно иным. К столичным регионам могут быть отнесены: к Московскому региону – Москва и Московская область; Лондонскому – юго-восток Англии; Петербургскому – в границах Петербургской системы расселения; Парижскому региону – так называемый Парижский бассейн, включающий долину Сены от Парижа до Руана-Гавра; Нью-Йоркскому региону – район Ассоциации районной планировки Нью-Йорка.

Структура внутреннего пространства города довольно разнообразна и сложна. Кроме того, внешние очертания города могут иметь различную конфигурацию. Различают города полосовидной, вытянутой структуры, такие, как Волгоград, протянувшийся по обоим берегам Волги на 70 км. К типу городов с многоядерной структурой относится Брянск, состоящий по сути из четырех районов, в некоторой степени изолированных друг от друга глубокими оврагами и руслом реки Десна. Среди других типов можно выделить города компактной структуры.

Таким образом, сложность и многообразие пространственной структуры является неотъемлемой характеристикой крупного города. Пространственная структура наряду с другими важнейшими факторами существенно влияет на качество жизни городского населения.

2.5 Дифференциация городского населения

Бурный рост городов во всем мире обусловлен, прежде всего, процессами индустриализации, созданием большого числа новых рабочих мест. Приток сельского населения, ищущего лучшей доли, породил множество социальных проблем. Одна из таких – проблема адаптации сельских жителей в городе.

Одним из побочных негативных последствий было ухудшение качества населения, "разбавление" горожан вчерашними сельскими жителями, часть которых плохо адаптировалась к новым для них условиям жизни. И по истечении длительного времени новоселы продолжали чувствовать себя в городе неуютно, многие из них были бы склонны вернуться обратно в деревню.

В больших городах, которые притягивали основную часть переселенцев из села, образовался довольно многочисленный слой маргинального населения. Это сказалось и на качестве городской среды, так как население – один из ее компонентов, на криминальной ситуации и других явлениях социальной патологии. Маргинальные слои населения

представляют собой своего рода группу риска. Они плохо воспринимают городской образ жизни и остаются вне того влияния, которое оказывает на людей город как сосредоточие культуры, образования, искусства.

Таким образом, основанный на экстенсивном развитии экономики рост больших городов, питаемый миграционными потоками, был в России в значительной степени нездоровым явлением, который вверг города в напряженное состояние вечно не решаемых до конца проблем (жилищных, территориального роста, увеличения затрат времени на передвижение, экологических и т.д.), несмотря на затраты огромных средств и крупные объемы строительства.

Один из каналов постоянного привлечения малоквалифицированных трудовых ресурсов – строительство. В соответствии со сложившейся практикой строители по истечении непродолжительного срока получали квартиры, после чего значительная их часть покидала стройки и переходила в другие отрасли с менее тяжелыми условиями труда. Их место занимали новые кадры, привлекаемые из сельской местности, и все повторялось снова. Рассмотрим типизацию городского населения, которое позволит лучше понять особенности коренных горожан и горожан – недавних сельских жителей.

Типизация городского населения. В зависимости от времени проживания выделяются четыре группы населения:

1) "чистые" горожане, всю жизнь или более $3/4$ ее прожили в городе. Часть из них – горожане второго или даже третьего поколения, ведут урбанизированный (городской) образ жизни, будучи его представителями, трансляторами и генераторами;

2) "преимущественно горожане", провели от $3/4$ до половины жизни в городе, горожане первого поколения. Фон прежней аграрной культуры у них размыт и на поведении сказывается слабо;

3) "преимущественно селяне", провели более $1/4$ и менее половины жизни в городе. Они еще находятся под сильным влиянием прежнего сельского образа жизни и освоили лишь "азы" городского;

4) "городские селяне", проведшие в селе всю или более $3/4$ жизни. Находятся в стадии адаптации к городской среде, наиболее далеки от урбанизированного образа жизни, продолжают оставаться носителями преимущественно сельской культуры.

Заметна *разница в образовании* в этих группах. Лиц с высшим образованием среди селян – 8%, полуселян – 14, полугорожан – 18 и горожан – 21%. Среди селян высока доля рабочих (70%) и невелик процент служащих (10%). Горожане и полугорожане в гораздо большей степени демонстрируют приверженность к городскому образу жизни, чем полуселяне и селяне. При ответе на вопрос: "В каких поселениях, на наш взгляд, условия жизни предпочтительнее?" – села выбрали 16% селян, 6%

полуселян и только 3% горожан. Довольно отчетливо выражена ориентация на отъезд из города у городских селян, свидетельствующая о том, что они не совсем адаптировались в городе: 23% селян намерены уехать из данного города в ближайшие 2–3 года. У полуселян эта доля составляет 16%, у полугорожан – 14, у горожан возрастает до 18%. При этом 48% городских селян намерены жить в деревне.

Существенны различия в проведении досуга. Горожане и полугорожане более активно по сравнению с городскими селянами и полуселянами организуют и проводят его. Они гораздо чаще (более чем в два раза) посещают различного рода курсы по обучению иностранным языкам, игре на музыкальных инструментах, художественному вязанию и вышивке, технического творчества и т.д. Городские селяне и полуселяне заметно реже по сравнению с горожанами и полугорожанами читают художественную литературу (почти в 1,5 раза) и специальную литературу (в 2 раза), прослушивают научно-популярные лекции (в 2 раза), посещают концерты и спектакли (в 1,1 раза), занимаются общественной работой (в 1,5 раза).

Отмечается, что у городских селян доминируют не столько интеллектуальные или духовные виды занятий, сколько более простые, бытовые, повседневные (например, посещение родственников), либо занятия, связанные с отдыхом на природе. Это значит, что бывшие сельские жители уже не вписываются в рамки прежней сельской и еще не встроены в рамки новой городской системы. Они живут одновременно как бы в двух мирах, не будучи слиты ни с одним из них (Лаппо, 1997).

Жизнь в крупном городе оказывает влияние и на демографическое поведение своих жителей. Как отмечает Г.М. Лаппо, "крупнейшие города характеризуются низкими показателями естественного прироста. В них раньше, чем в городах других категорий, начался процесс **депопуляции**, выразившийся в превышении смертности над рождаемостью".

Вопросы для самопроверки

- 1. В чем была причина появления городов?*
- 2. Чем выделялись города древнего мира и средневековья?*
- 3. Какие были первые города-миллионеры?*
- 4. Каковы особенности городов постиндустриальной эпохи?*
- 5. Что такое агломерация?*
- 6. Какие вы знаете типы и формы организации городского пространства?*

3. ГОРОД КАК ЭКОСИСТЕМА

3.1 Город – сложная полиструктурная система

Системой называют такой объект, который можно расчленить на составные части – подсистемы различного уровня. При этом между такими подсистемами должно существовать определенное взаимодействие, в процессе которого происходят взаимные связи. Характер, структура, число, интенсивность, устойчивость таких связей позволяют судить о системе как о сложной или простой, стабильной или функционирующей, статической или динамической, поли- или моноструктурной.

Любой город (городская агломерация, система расселения) имеет несколько системных (в том числе экосистемных) характеристик, закономерности которых необходимо учитывать в процессе его исследования, конструирования или управления им.

Город – **сложная система**, характеризующаяся многообразными внутренними и внешними связями естественного, технического, социального происхождения. Как сложную систему город можно представить в виде динамично взаимодействующего сочетания двух субсистем – *природной* и *антропогенной*, которые, в свою очередь, подразделяются на ряд взаимодействующих подсистем:

- природная – на геосистему, гидросистему, аэросистему и биосистему;
- антропогенная – на подсистемы производственную, градостроительную, инфраструктурную.

Вполне понятно, что и природные, и антропогенные подсистемы можно подразделить на подсистемы более низкого ранга, последние – на еще более низшего ранга и т.д.

Характер функционирования городской системы определяется динамикой процессов, протекающих в субсистемах, а также интенсивностью прямых и обратных положительных и отрицательных связей между ними. Так, природная субсистема характеризуется сложными геохимическими и биологическими процессами, идущими на территории города, преобразованием горных пород, участием в регенерации кислорода и воды в результате реакции фотосинтеза и кругооборота в природе других элементов, почвообразованием и т.д.

Антропогенную субсистему характеризуют создание и дальнейшее развитие структур техногенного происхождения, преобразование естественных ландшафтов в культурные. Взаимное влияние природной и антропогенной систем весьма велико, однако главное их различие заключается в том, что природная субсистема способна к саморегуляции и не нуждается в активном действии на нее антропогенной субсистемы

(скорее, наоборот), а антропогенная система, напротив, всецело зависит от природной. При этом человек как элемент природной подсистемы и одновременно социальное существо не только влияет на антропогенную подсистему, но и создает ее, оказывая сильное влияние и на природную подсистему, нередко лишая ее способности к саморегуляции.

Сложность городской системы состоит в том, что любое урбанистическое образование не функционирует в изоляции, внешние связи системы в целом, ее суб- и подсистем весьма велики. Так, *градостроительная подсистема* города одновременно представляет собой часть градостроительной системы более высокого ранга *региональной*; гидросистема города служит составной частью более крупной водной системы – бассейновой и т.д. В соответствии с этим и экзогенные (внешние) и эндогенные (внутренние) связи в городе как системы чрезвычайно сложны, что делает, по существу, невозможным их полный учет и доскональную оценку.

Город – **функционирующая система**, поскольку взаимосвязи ее элементов осуществляются в режиме повторяющихся циклов, что во многом определяет взаимодействие между ее подсистемами, подсистемами и отдельными элементами. Это свойство городской системы очень важно, так как позволяет хотя бы в самых общих чертах прогнозировать динамику протекающих в ней наиболее важных процессов.

Город – **динамическая система**, поскольку с течением времени он может количественно и, что не менее важно, качественно меняться. Это свойство города создает особые трудности при конструировании его перспективной модели, так как качественное его изменение, а, следовательно, и изменение его подсистем, происходит чаще всего в условиях большой неопределенности. Поэтому для городских систем необходимо знать не только их исходные элементы, но и виды действующих в них отношений и связей.

Как правило, в каждой сложной системе можно выделить несколько групп достаточно *устойчивых отношений*, которые определяют *структуру* того или иного вида. В сложных системах, называемых *полиструктурными*, одновременно существует несколько структур. В той же городской системе можно обнаружить демографическую, социально-экономическую, планировочную и другие структуры.

3.2 Экосистемные характеристики города

Экологической системой, как известно, называют любое сообщество живых организмов и среду их обитания, объединенных в единое функциональное целое, возникающее на основе взаимозависимости

и причинно-следственных связей, существующих между отдельными экологическими компонентами. Экосистемы могут быть разных размеров, например, глобальная экосистема – биосфера или экосистема гнилого пня – микроэкосистема. В отличие от биогеоценозов экосистемы не имеют достаточно четких границ, predetermined биотопом, хотя по содержанию и близки к ним. В этом отношении город скорее экосистема, чем биогеоценоз, хотя экосистема и необычная, очень сильно отличающаяся от природных экологических систем.

Урбанизированные образования (в том числе города) находятся в весьма сложных отношениях с биосферой. С одной стороны, в городах живут люди, животные, птицы, насекомые, существует автотрофная растительность. Все это между собой связано. Следовательно, город (городскую агломерацию, систему расселения) можно считать, безусловно, экосистемой. Вместе с тем, многие исследователи, Ю. Одум, например, полагают, что если города – организмы, то их следует считать "паразитами" биосферы, наносящими вред "хозяевам" – природным ландшафтам.

Будучи сверхсложной полиструктурной системой, город не перестает быть одновременно и системой экологической, поскольку последнюю, как и в природных условиях, формируют организмы (растения-продуценты, человек, животные-консументы, грибы и микробы-деструкторы) вместе со средой их существования. При этом главными системообразующими процессами являются потоки вещества и энергии.

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 обмена. Он во многом автор и среды своего обитания, ибо материальная сфера города, его архитектура – результат деятельности человека именно как социального существа.

В городских поселениях формируется особая среда жизни человека – городская (урбанизированная) среда. Это понятие было сформулировано известными учеными – урбанистами И.М. Майергойзом и Г.М.Лаппо. Это понятие, в основу которого положен *системный* подход, предложенный Берталанфи, американским ученым европейского происхождения (Австрия, в 1940 году), для исследований сложных объектов, где исследуются не сами элементы как таковые, а отношения связи между ними.

Системы могут быть материальные (живые и неживые) и абстрактные (например, информационные). Среди них можно выделить

несколько типов. Открытые системы: получив энергию, как бы возвращают ее, обновляясь. Закрытая система – замкнута, не способна к развитию. Например, скульптор вложил энергию в статую, она остается неизменной, и мы любуемся ею по прошествии нескольких столетий.

Выделяются системы – жесткие (любой механизм) и дискретные, которые могут существовать, даже если некоторые элементы выйдут из строя.

Среда города развивается в определенном природном ландшафте и поэтому включает:

- компоненты неживой (абиотической) природы – рельеф, климат, вода;
- компоненты живой природы (биоту) – растительность, животный мир.

Помимо природных, городская среда содержит компоненты, искусственно созданные человеком – техносферу: промышленные предприятия, жилые здания, транспорт. Городская среда – это все возрастающая масса продукта человеческих мыслей и человеческих рук. Именно человек создает, формирует город, поэтому население, его деятельность являются неотъемлемым компонентом городской среды.

Все компоненты активно взаимодействуют между собой, что обеспечивает их тесную взаимосвязь и целостность. Человек, создавая промышленность, транспортные сети, способствует формированию техносферы и в то же время изменяет природную среду.

Связи между компонентами могут быть прямыми – непосредственно влияющими на качество других, и косвенными, влияющими опосредовано.

Специфической особенностью городской среды как урбосистемы является ее приуроченность к определенному месту в географическом пространстве. Есть разница городской среды, расположенной на равнине, на Севере или в средней полосе.

Важную роль в жизни города имеет фактор времени. Существование городов в современном виде есть результат длительного исторического развития.

Урбосистема относится к открытым системам. Это означает, что она тесным образом связана с окружающей их территорией. Город, с одной стороны, выступает как мощный потребитель вещества, энергии, информации, которые поступают извне, с другой – как источник колоссальных выбросов в окружающую среду.

Урбосистемы – вероятностные, в них ответные реакции природы на антропогенное воздействие не удастся спрогнозировать абсолютно точно. Они имеют двойственный характер развития: с одной стороны, функционируют по законам природы, с другой – по законам социально-экономического развития общества.

Среди природных компонентов выделяются геологическое строение, рельеф, климат, поверхностные и подземные воды, почвы, растительность и животный мир.

Элементы этой системы под воздействием человека меняются, некоторые быстро, другие медленно. Наиболее мобильные оказываются критическими в урбосистеме. В зависимости от условий воздействия критическими могут стать различные компоненты. Наиболее изменчивы – атмосферный воздух, вода, биота.

Особое место занимает *биота*. С одной стороны, это критический компонент урбосистемы, испытывающий на себе пагубные антропогенные воздействия уже со времени закладки городов (сведение лесов, расчистка строительных площадок и т.д.). С другой стороны, биота – стабилизирующее начало в урбосистеме.

Компоненты техносферы включают производство и его результаты, строительную деятельность, инфраструктуру. Они функционируют в определенной степени автономно.

Население (социум) выступает как потребитель результатов деятельности производства и одновременно как носитель разнообразных нематериальных потребностей. Социальные интересы людей, помимо материальных, включают широкий спектр потребностей культурного, экологического, морально-этического, национального, духовного, политического характера (рис. 3.1.).

Между основными компонентами урбосистемы возникают разные взаимосвязи – социально-экономические, природно-технические, территориально-рекреационные и др.

В процессе взаимодействия усиливаются противоречия между отдельными компонентами. Многие годы урбосистемы формировались с преимущественным креном в сторону производства. Оно играло огромную роль, нанося ущерб природе и социуму. Степень напряженности структуры урбосистемы усиливается вместе с возрастанием степени несовпадения взаимодействующих интересов.

Вполне понятно, что в решении проблемы устойчивого функционирования урбосистем важное значение приобретает поиск компромиссных решений, учитывающих и экономический рост и социальное развитие и состояние окружающей природной среды. Это отличает их от саморазвивающихся природных систем.

Урбосистемы управляемы. Отсюда вытекает важность целенаправленной человеческой деятельности по обеспечению устойчивого развития урбосистемы и их оптимизации. При этом следует иметь в виду повышение качества городской среды как сферы жизни человека.

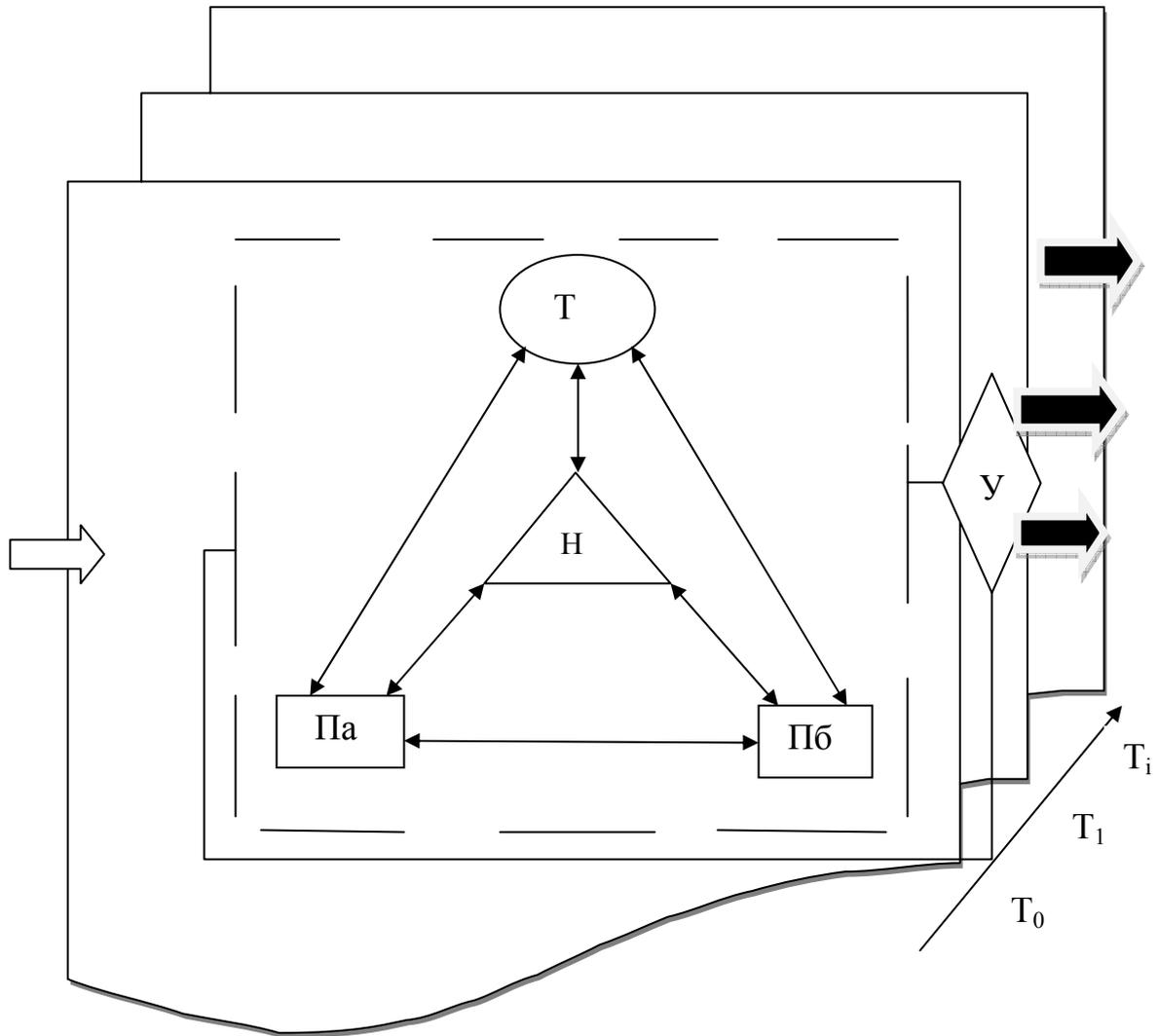


Рис. 3.1. Модель урбосистемы

Н – население; *Па* – природа абиотическая; *Пб* – природа биотическая
Т – техносфера (производственные, инфраструктурные и другие объекты – результаты деятельности); *У* – управление; *T₀ ... T_i* – шкала времени
стрелки светлая – воздействие на систему, **темная** – воздействие системы;
контур с пунктирной линией – управляемая часть системы;
контур со сплошной линией – система в целом

Городская среда представляет собой систему – сложное пространственно-временное образование. Все компоненты урбосистемы тесно взаимосвязаны, так что любое изменение в одном из них вызывает цепную реакцию изменений в других.

Различная организация урбосистемы предполагает обязательное соблюдение **закона оптимальности**. Суть закона оптимальности состоит в

том, что любая система функционирует с наибольшей эффективностью в определенных характерных для нее пространственно-временных пределах. Крайности в размерах любых систем опасны экологически и нерациональны экономически. Неэффективны как очень маленькие размеры урбосистемы, поскольку она не приобрела свои функции города, так и слишком большие. Гигантизм – всегда начало конца. Большой город, хотя и имеет огромные преимущества как информационного центра и простора для социального выбора, лифта, не лучшее место для жизни человека. Например, американцы, имеющие высочайшие небоскребы, банковские офисы, тем не менее, предпочитают жить в тихих и зеленых пригородах.

Не менее важное значение имеет закон необходимого разнообразия, который лежит в основе устойчивости урбосистемы. Никакая урбосистема не может сформироваться из абсолютно одинаковых элементов. Чем больше разнообразия в городской среде, тем она устойчивее и имеет большие возможности для развития.

Все условия среды, необходимые для жизни, играют равнозначную роль. Только их оптимальная совокупность обеспечивает процветание. В перечень этих условий для человека входят факторы как природной, так и социально-экономической среды.

Человечество и все живое существует постольку и до тех пор, пока его генетические возможности соответствуют параметрам окружающей среды. Несоответствие ведет к неминуемому вымиранию. Поэтому экологические блага сейчас имеют наивысший приоритет в развитии общества.

Критерием и индикатором успешности социально-экономического развития и экологических ограничений выступают показатели здоровья населения и продолжительность ее жизни, а также природные предпосылки обеспечения этих показателей. Поэтому целенаправленное и неконтролируемое развитие человечества в наши дни делается опасным, отсюда велико значение блага управления.

Особенности городской экосистемы в большой степени проявляются в таких ее характеристиках, как **полиморфность**, зависимость от смежных экосистем, аккумулирующая способность, неуравновешенность основных структур.

Городская экосистема *полиморфна*, она не может полностью "вписаться" в природную или тем более антропогенную подсистему города, так как средой обитания человека в городе являются и природные (гидросфера, атмосфера, геосфера и др.), и антропогенные (здания, элементы инфраструктуры и т.д.) подсистемы. Экосистема города как бы вырастает во все материальные структуры города, будучи его "третьим" измерением и одновременно одной из видов его основных структур

(материальных, духовных, природно-экологических). Это свойство городских экосистем объясняет чрезвычайную сложность конструктивных вмешательств в урбоценозы с целью их оптимизации, невозможность их усовершенствования путем реконструкции какого-то одного вида структур.

Город – чрезвычайно **зависимая** экосистема. Все **экосистемы** – **открытые образования**, но города – **сверхоткрытые**. 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 метаболизма. Это видно из таблицы 3.1, где приведены ориентировочные объемы некоторых ресурсов и размеры территорий, необходимых для покрытия их дефицита городом с населением 1 млн человек.

Таблица 3.1

Ориентировочное сопоставление компонентов природной среды и некоторых потребляемых ресурсов города с населением 1 млн жителей на территории 20 тыс. га [по В.В. Владимирову, 1999]

Наименование компонента или ресурса	Потребление	Воспроизводство	Территория, необходимая для покрытия дефицита, тыс. га
Атмосферный кислород	30 млн т	25-30 тыс. т	5000-6000
Вода	500 млн м ³	5 тыс. м ³	1500-2000
Почвенно-растительный покров для организации мест массового отдыха горожан	5 тыс. га	-	1000-2000
Строительные материалы, сырье для промышленности и др.	10-12 млн т	-	40-50
Топливо (условное)	8-9 млн т	-	25-30
Пищевые продукты	1 млн т	-	500-600

Помимо потребления природных ресурсов и энергии, стягиваемых с обширных пространств, современный город-миллионер производит огромное количество отходов. Так, по данным Б.Б. Прохорова, миллионный город ежегодно выбрасывает в атмосферу не менее 10–11 млн т водяных парок, 1,5–2 млн т пыли, 1,5 млн т окиси углерода, 0,25 млн т сернистого ангидрида, 0,3 млн т окислов азота, большое количество иных, небезразличных для здоровья человека и окружающей его среды загрязнений. Поэтому 15 млн поселений на нашей планете выступают как

основные очаги антропогенного возмущения в биосфере, а наиболее крупные из них, миллионные города, например, по масштабам воздействия на атмосферу иногда сравнивают с вулканами.

Город – **аккумулирующая** экосистема, поскольку положительный баланс обмена веществ в его пределах ведет к накоплению веществ. Для городов характерно образование на почве культурного слоя, достигающего толщины до 7–8 метров и включающего строительные и бытовые отходы прошедших эпох. Гигантские размеры приобретает аккумуляция вещества в промышленных городах, где образуется новый рельеф с терриконами, карьерами и др. Нередко впадины коренного рельефа в городах сглаживаются, водоемы заполняются наносным материалом, ручьи и речки превращаются в подземные коллекторы.

Город – **неравновесная** экосистема, поскольку его развитие определяется не законами природы, а деятельностью человека. Город – результат созидательной и разрушительной деятельности людей в течение многих лет. При определенной величине и хозяйственной специализации городов окружающие их природные территории поддерживали экологическое равновесие, способствовали обезвреживанию отходов, очистке вод, воздуха. Современные промышленные города чрезвычайно чувствительны к нарушению равновесия: сбой в работе водопроводного хозяйства, электроснабжения, отказы в работе очистных сооружений могут привести к локальному экологическому кризису.

Как и в любой экосистеме, в городе особенно важны потоки вещества и энергии. Основной методологической предпосылкой анализа потоков вещества и энергии служит гипотеза о том, что эти потоки, как и в других экосистемах, обуславливают организацию и внутреннюю структуру городской экосистемы.

Вместе с тем ясно, что характер этих процессов в естественных экосистемах иной, чем в городе. Город в тысячи раз больше потребляет, чем производит, и кажущаяся на первый взгляд сбалансированность потоков объясняется искусственным привлечением в город огромных количеств энергии, обеспечивающих жизнедеятельность городской экосистемы и позволяющих обеспечивать состояние искусственного гомеостаза (равновесия).

В отличие от естественных экосистем биомасса в городе **несбалансирована** – отношение *фитомассы к зоомассе* иное, чем в *естественных экосистемах* (главным образом за счет огромных масс людей), пищевые цепи и сети разомкнуты в основных их звеньях, и метаболизм города (процессы потребления воды и пищевых продуктов и выделение отходов жизнедеятельности) сильно отличается от круговорота вещества в природе. Продуктивность городских экосистем ничтожна, но сильное преобладание биомассы над продуктивностью не обеспечивает

высокой устойчивости городской экосистемы к внешним воздействиям из-за упрощенности ее состава. Поэтому и гомеостаз городской экосистемы может быть обеспечен другими средствами, нежели в естественных условиях. Область применения этих средств, их состав, функциональное содержание, роль в городской экосистеме и является конструктивным содержанием урбоэкологии.

Полифункциональность города проявляет большую устойчивость в ответ на какие-либо изменения в социально-экономической жизни общества.

Из этого закона вытекает **закон неравномерности развития** урбосистемы. Урбосистемы развиваются не синхронно, что увеличивает разнообразие. Законы запрещают абсолютное однообразие.

К числу фундаментальных относится **закон развития урбосистемы** за счет *окружающей среды*. Любая открытая система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Изолированное саморазвитие системы невозможно (II закон термодинамики).

Экологическое равновесие городской среды будет устойчивым при сохранении:

- ❖ гарантированного минимума видов, простейших абиотических образований в экосистеме;
- ❖ оптимального состояния экологических компонентов;
- ❖ видового разнообразия;
- ❖ баланса между интенсивно и экстенсивно эксплуатируемыми участками.

3.3 Виды и формы расселения

Комплексное неоднозначное воздействие урбанизации на природную среду, как и многообразные прямые и обратные связи природы с городами, городскими агломерациями весьма осложняют выбор наиболее "экологичных" форм и видов расселения, тем более, что одни и те же его формы в различных конкретных условиях могут иметь разную степень такой "экологичности". В общем виде наиболее важно рассмотреть особенности расселения с точки зрения его "совместимости" с природной средой применительно к разным его формам – городской и сельской; величине населенных мест, размещению населенных мест в макрозональном плане; планировочной структуре и рисунку расселения.

Под термином "расселение" понимается размещение населения на различных по величине территориях страны и ее регионов, отдельных

населенных мест, их систем и частей (городских районов, жилых микрорайонов, кварталов и др.).

До сих пор возникают дискуссии о том, какая форма расселения, *городская* или *сельская*, более экологична. Многие считают, что сельское расселение более гармонично сочетается с природной средой, поскольку удельные нагрузки на природу здесь меньше. Однако современное индустриальное сельскохозяйственное производство связано со значительными антропогенными нагрузками на природную среду, а большая его дисперсность ведет к тому, что зона активного воздействия сельскохозяйственного производства весьма обширна.

Поскольку и первая, и вторая формы расселения общественно необходимы, противопоставлять городское расселение сельскому достаточно бессмысленно, так как это не помогает решению проблемы. И городское, и сельское расселение могут быть и достаточно экологичными, и напротив, отличаться крайне агрессивным характером по отношению к природной среде. Все дело в конкретных социально-экономических, природно-климатических и других условиях.

Более важен в рассматриваемой проблеме вопрос о *величине населенных мест*, хотя и здесь также не всегда можно сделать однозначный вывод.

Если подходить к вопросу с гигиенических позиций, то чаще всего более "чистыми" считают малые города и сельские поселения. Такой подход также неоднозначен, поскольку конкретные условия могут внести существенные коррективы в это мнение. Например, мелкие поселки, расположенные при шахтах на месторождениях угля с высоким содержанием серы и золы, как и поселки, вблизи карьеров открытой добычи полезных ископаемых, отличаются крайне сложной экологической обстановкой. Гигиенические исследования показывают, что крупные и особенно крупнейшие города при прочих равных условиях уступают по санитарным характеристикам окружающей среды малым и средним городам, но превосходят их, как правило, по качеству санитарно-технической оснащенности и благоустройству. Крупные города и агломерации, обеспечивая высокий уровень жилищного строительства, культурно-бытового и медицинского обслуживания, отличаются одновременно большей концентрацией промышленности и высокой плотностью населения, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды, несбалансированности мест приложения труда, нерациональным маятниковым передвижениям населения, застройке ценных природных ландшафтов и т.д.

Увеличение размеров города ведет к росту числа транспортных средств, что еще больше загрязняет воздушный бассейн и повышает шумовой фон среды обитания людей. В городах с населением свыше

500 тыс. жителей концентрация наиболее распространенных загрязнений атмосферы (пыли, окислов азота, сернистого и угарного газов) в 1,5–2 раза выше, чем в городах с 100 тыс. жителей. В атмосфере городов, развивающихся на базе металлургической или нефтеперерабатывающей промышленности, содержание сернистого газа в 2–3 раза больше, чем в городах аналогичной величины, но другого народнохозяйственного профиля. Увеличение числа автомобилей с 10 тыс. до 50 тыс. ведет к росту концентрации угарного газа в городском воздухе в 2–4 раза.

Увеличение плотности застройки (характерное для крупных городов) не только значительно снижает комфортность проживания, но ведет к скученности населения и росту эпидемиологически небезопасных контактов. Так, например, при плотности населения в ядрах агломерации менее 2500 чел. на 1 км² заболеваемость населения гриппом при прочих равных условиях меньше, чем в городах с плотностью населения 4000–5000 чел. на 1 км². В крупнейших городах при росте плотности населения на жилой территории с 300 до 1000 чел. на гектар заболеваемость дыхательных путей у детей увеличивается в 1,5–2 раза.

Если же к проблеме подходить не только с гигиенических, но и с более широких общеэкологических позиций, картина получается значительно более сложной. Не всегда малый город или сельское поселение может отличаться высокой степенью экологичности. В ряде случаев и сельский населенный пункт в силу особенностей его размещения, уклада жизни его обитателей, сложившейся экономической конъюнктуры и т.д. может стать настоящим экологическим паразитом в своем ареале (массовая вырубка леса вокруг поселения, интенсивное ведение монокультур при концентрированном применении пестицидов и минеральных удобрений, топка печей кизяком и т.д.). И, напротив, не всегда даже крупный город оказывает на окружающую его природную среду разрушающее действие. Примерами тому служат в первую очередь города, развивающиеся в экстремальных условиях аридной (засушливой) зоны. Как правило, в этих случаях возникновение городов ведет к появлению новых оазисов, усложнению экосистем, кардинальному улучшению экологических характеристик местности.

В целом же, учитывая растущие нагрузки на природу со стороны человека, все большую его энерговооруженность, мобильность, химизацию промышленности и сельского хозяйства, можно считать, что в средних условиях (достаточное количество осадков, значительная лесистость территории, отсутствие в городе промышленных предприятий высоких классов санитарной вредности и т.д.), проблемные ситуации в экологической сфере начинают возникать уже в городах с населением 80–100 тыс. жителей.

Антропогенное давление на природную среду со стороны городов растет вместе с их размерами. Это не линейная зависимость. Уровень антропогенного пресса в силу многих причин увеличивается несколько более медленными темпами, чем население города, хотя в этом кажущемся отставании скрыта возможность различных сюрпризов в виде локальных экологических кризисов. Любое нарушение (недостаточность, рассогласование и т.д.) в функциональной или экологической сфере города или городской агломерации компенсируется, как правило, за счет привлечения дополнительной энергии, вещества и других ресурсов извне. Однако постепенно накапливаясь такие нарушения могут привести к внезапной экологической катастрофе в каком-то одном или в нескольких экологических звеньях (прогрессирующая дигрессия и гибель крупных массивов зеленых насаждений, катастрофический дефицит водных ресурсов, образование фотохимического смога, внезапное заболевание населения специфическими болезнями и т.д.).

Размещение населенных мест в *макрорегиональном плане* также было предметом соответствующих дискуссий, хотя и значительно более редких. Высказывались, например, мнения о возможности создания "безвредных" расселенческих структур, которым больше всего соответствуют дифференцированные подходы к размещению производительных сил и населения.

Например, размещение производительных сил в субполярных и полярных районах вдоль побережья Северного ледовитого океана без колоссальных затрат на очистку промышленных стоков и выбросов и расселение населения в наиболее благоприятных средних и южных широтах могло бы стать альтернативой современному расселению (что при широком внедрении автоматизированных систем управления, телемеханики и электроники возможно даже при современном уровне развития науки и техники). Однако не говоря уже об абсолютной нереальности этой альтернативы по экономическим соображениям, подобное решение исходит из узкогигиенических антропоцентристских критериев и не может обеспечить действительно полноценное экологическое решение проблемы. То же самое можно сказать и о предложениях более скромного масштаба по децентрализации расселения в промышленных узлах, которые известны еще с 30-х годов ("Магнитогорье", рассредоточенная Москва и т.д.), хотя подобные решения в современных условиях и более приемлемы с экономической точки зрения, чем шестьдесят лет тому назад.

Одним из важнейших доводов в пользу линейных структур было стремление приблизить городскую застройку к природе. Вместе с тем не все концепции в необходимой мере учитывают конкретные социально-экономические и экологические условия. Линейные структуры не могут

быть одинаково "экологичными" во всех конкретных случаях (например, для водотока нет большей угрозы, чем многокилометровый город, а еще хуже полоса городов, вытянувшаяся вдоль него). Их приоритетность определяется многими факторами: гидрографической сетью, направлением преобладающих ветров, геоморфологическими и геохимическими характеристиками местности и т.д.

Таким образом, однозначно судить об "экологичности" городов, городских образований, систем расселения по какому-то частному, хотя и важному признаку достаточно сложно. Только комплексное исследование конкретной урбанистической структуры позволяет получать необходимые данные и сделать соответствующие выводы, поскольку каждый город индивидуален. Тем не менее, существуют обобщенные представления о некоем "экологическом" городе, составляющие суть концепции экополиса.

3.4 Понятие об экополисе

Под термином "экополис" обычно понимают 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.

Идея экополиса не только весьма привлекательна, она достаточно активно прорабатывается еще с давних времен. Экополис – дальнейшая разработка идей и мечты о "лучезарном городе" мыслителей прошлого. К сожалению, подход к пониманию, конструированию и созданию экополисов нередко связан с вульгаризацией этого понятия, а то и с откровенной спекуляцией им. Так, экополисами пытались объявить так называемые "соцгорода", застройка которых более напоминает "скальную архитектуру", ограничивается многоэтажными кварталами с плохим благоустройством и стихийным озеленением. И в жилищном строительстве, и в градостроительстве наших дней тенденции таковы, что города, к сожалению, скорее отдаляются от идеи экополиса, чем приближаются к ней.

Города прошлого также никогда не были экополисами. Вместе с тем они обладали все-таки многими качествами, которых современный город лишен. Правда, и здесь существуют мнения, что современные города в экологическом отношении намного превосходят своих предшественников. Так, сравнивая Нью-Йорк начала 1900-х годов с современным атлантическим гигантом, Ч. Гоулд отмечает, что в старом городе 20 тыс. его жителей ежегодно умирали от холеры и других заболеваний, разносчиками которых были мухи и другие насекомые (по его оценке

число мух в городе достигало нескольких десятков миллиардов), уровень преступности в городе был вдвое выше, проституция и венерические заболевания были распространены гораздо шире, а лечить их было гораздо труднее, пневмония и туберкулез, тиф, дифтерия, скарлатина уносили десятки тысяч жизней. В Нью-Йорке было 120 тыс. лошадей, которые создавали серьезные проблемы: сильные заторы движения транспорта, постоянный шум железных подков и грохот тяжелых подвод по булыжным мостовым, а также проблему уборки конского навоза с улиц и из конюшен. Серьезной проблемой были уборка и ликвидация лошадиных трупов – до 15 тыс. ежегодно. Нарисовав эту жутковатую картину, Ч. Гоулд делает вывод о том, что никогда бы не согласился жить в этом городе.

Здесь, как и в вечных спорах алармистов и технофилов, обострена одна сторона проблемы. Другая ее сторона во внимание не принимается. Так, в современном Нью-Йорке год от года растет смертность от рака легких, увеличивается число наркоманов, психических заболеваний. Вместо трупов лошадей приходится убирать до 40 тыс. автомобилей, брошенных их хозяевами на улицах, поскольку это, видимо, самый надежный и дешевый способ "утилизировать" отслужившую технику и т.д. Все это лишний раз убеждает в уязвимости однозначных оценок таких многообразных явлений, как урбанизация, городское развитие, экополис.

"Моделей" экополиса предлагалось достаточно много. Несколько шире понимал проблему НФ. Реймерс, который 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 расчленяющих 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 же экополис – это главным образом малоэтажный город с обширными "природными каналами" садов, парков, лесопарков (даже лесов), полей, водоемов и т.п., создающий, как это было отмечено выше, 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 домашних 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*.

Подобные представления об эकोполисе, безусловно, верны. Хотя тут же возникают вопросы. Как быть с существующими городами, особенно имеющими историческую ценность? Считать ли, что экополисы – это преимущественно новые города? Почему в малых городах, так называемых академгородках (Пушино, Протвино, Черноголовка и др.), наиболее соответствующих нашему представлению об экополисе, наблюдается повышенное число самоубийств?

Отдавая должное роли озеленения городов, удобству жилищ, комфортности физической городской среды в целом, нельзя забывать и о том, что *главным действующим лицом* в городской экосистеме является человек. Его социальная сущность предъявляет требования к экосистеме, в которой он живет. И не только с биологических позиций. Поэтому "экологичный" город-экополис и в социально-психологическом, и в эстетическом, и в других отношениях должен быть достойной средой обитания человека. В конечном счете, все поселения неизбежно должны превратиться в экополисы – таков экологический императив человеческого рода. Но, это абсолютно не уменьшает актуальности создания небольших поселений, в которых, имея в виду их сопряженность с крупными культурными центрами, можно обеспечить наиболее благоприятные условия для жизни людей.

Конечно, это непростая задача. Она будет решена, вероятно, путем рассредоточения крупнейших городов, создания систем небольших, удобных для жизни поселений вокруг культурных центров, приближения процессов городского метаболизма к естественным процессам, создания "безотходных" систем расселения и мощных систем экологической компенсации – сетчато-узловой структуры зеленых насаждений, воссоздания особо ценных и живописных ландшафтов и памятников культуры, строительства совершенных транспортных коммуникаций и т.д. По существу, робкие, совсем недостаточные еще шаги на пути оздоровления городской среды, предпринимаемые сегодня, – это одновременно и путь к созданию экополисов.

Вопросы для самопроверки

1. Каково строение, компоненты урбосистемы?

2. *Перечислите основные абиотические составляющие урбосистемы?*
3. *Перечислите биотические составляющие урбосистем?*
4. *В чем заключаются особенности городской экосистемы?*
5. *Что включает в себя понятие «экополис»?*

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УРБАНИЗАЦИИ

Урбанистический образ жизни помимо очевидных преимуществ порождает множество проблем. В целом их можно сгруппировать в три больших блока: экологические, демографические и экономические. Рассмотрим экологические аспекты урбанизации.

Все больше возрастает роль интегративных факторов урбанизации, сфера урбанизации, локализованная ранее в городах, из-за их территориального роста все больше распространяется на сельскую местность, охватывая в целом все общество. Важнейшим материальным результатом современной урбанизации является крупная городская агломерация, скопление городских поселений, объединенных интенсивными многообразными связями в сложную динамическую систему.

Урбанистические структуры высшего территориального уровня – городские агломерации, урбанизированные районы, в целом групповые формы городского расселения усилили и углубили характер взаимодействия расселения с природной средой, поскольку природа и урбанизированная среда в современную эпоху взаимодействуют на больших пространствах, а расширяющийся процесс урбанизации не только ведет к усилению такого взаимодействия, но и вовлекает в этот процесс обширные межселенные территории – зоны отдыха, инженерно-технические коридоры и т.д. Появление групповых форм расселения предопределило новый этап во взаимоотношениях города и природы. Локальные формы взаимодействий урбанизированной и природной среды, характерные для автономных городов, вели, как правило, к очаговому нарушению среды, к деградации "опушки", сравнительно неширокого кольца природных комплексов вокруг городов. Групповые формы расселения, получившие широкое развитие в XX столетии и особенно во второй его половине, взаимодействуют с природной средой иначе: локальные формы взаимодействия уступают место региональным формам, характеризующимся большей глубиной изменений в природной среде, распространением и концентрацией антропогенных нагрузок на обширных территориях.

Городские агломерации, урбанизированные районы – это ареалы глубоко измененной антропогенной деятельностью природы, своеобразные фокусы все усиливающейся человеческой деятельности, территории, где особенно интенсивно происходит замещение естественных биогеоценозов урбо- и агроценозами. Многообразная деятельность человека, связанная с преобразованием природы, далеко выходит за пределы территории непосредственной застройки и оказывает влияние на все компоненты

природной среды. Так, например, физико-геологические изменения почв, подземных вод и других компонентов литогенной основы ощущаются в зависимости от конкретных условий в радиусе 25–30 км, биогеохимические изменения среды – на еще больших расстояниях. Исследования показывают, что крупные города, а тем более городские агломерации оказывают влияние на окружающую среду *на расстоянии в 50 раз большем, чем их собственный радиус*. Особенно сильно влияет урбанизированная среда на почвы, водоемы, воздушный бассейн и растительный покров.

Наиболее общие критерии силы антропогенного давления на природную среду в пределах урбанизированных территорий – это величина города или агломерации, плотность населения и застройки, хозяйственный профиль урбанизированного образования (отрасли промышленности, степень развитости санаторно-курортных функций и т.д.). Экологические характеристики урбанизированного района при высокой степени сближенности ядер агломераций между собой значительно хуже, чем у отдельной агломерации, вследствие "эффекта наложения" антропогенных нагрузок на одну и ту же территорию.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что урбанистические образования выступают как исключительно мощные очаги возмущения и деградации природы. Вследствие огромной концентрации техногенных нагрузок в крупных городах и городских агломерациях, необратимого нарушения в них водно-земельного режима, примитивности и ничтожной биологической продуктивности урбоценозов даже в хорошо благоустроенных и озелененных поселениях сила и скорости антропогенных воздействий всегда будут превышать темпы адаптации к этим воздействиям природной среды.

Чтобы этого не происходило на обширных территориях, необходимо обеспечить природной среде в целом и отдельным ее компонентам равновесное состояние, то есть регенерацию чистой воды, воздуха, почвенно-растительного покрова, отдельных ландшафтов, экосистем и биогеоценозов. Биологическая "несостоятельность" урбоценозов должна постоянно компенсироваться более продуктивными биогеоценозами.

Урбанизированная среда и природа – противостоящие, но не исключают друг друга понятия, поскольку у них есть одно очень важное общее свойство, вытекающее из социальной сущности человека – большой город и природа необходимы человеку, по существу, в равной мере.

Урбанизация – объективный процесс, и пытаться повернуть его вспять бессмысленно. Однако установить разумные пределы развития урбоценозов и исследовать их связи с биогеоценозами, безусловно, необходимо. Урбанизация – следствие научно-технической революции и

одна из важных предпосылок ее дальнейшего развития. И научно-техническая революция, и урбанизация наряду с положительными имеют и отрицательные стороны. Неконтролируемое расширение процесса урбанизации на всю территорию отдельных стран и крупных регионов неизбежно повлечет за собой нарушение нормального функционирования биogeоценотического покрова планеты. Поэтому наряду с урбанизированными территориями необходимо обеспечить сохранение и чисто природных пространств, способных воспроизводить не только биомассу как пищевое сырье, но и чистый воздух, воду, фауну, удовлетворять потребности человека в отдыхе, разнообразии природной среды. Вместе с тем в регулируемой и контролируемой урбанизации заложены огромные возможности планомерного преобразования природной среды, реальная возможность "конструировать" биogeоценозы с заранее заданными свойствами, необходимыми для их устойчивого развития и в условиях урбанизированной среды.

Между урбанизацией и природой существуют сложные диалектические связи. С одной стороны, процесс концентрации населения в весьма небольшом (по сравнению с сельской местностью) числе крупных поселений, безусловно, увеличивает силу антропогенного воздействия на природу и опасность ее разрушения в очагах урбанизации.

С другой стороны, в самой концентрации производства и населения заложены мощные экономические рычаги, позволяющие осуществить комплекс инженерных, технологических и гигиенических мероприятий по охране воды, воздуха, почвенно-растительного покрова в наиболее уязвимых для биосферы урбанизированных зонах. Более того, нередко урбанизация и индустриализация ведут к значительному улучшению экологической обстановки, например, при создании оазисов в аридных зонах.

Процесс урбанизации способствует также сохранению обширных природных ландшафтов за пределами зон концентрации городов. Правда, известно, что города порождают проблемы отдыха в природе, а отдых в природе, обусловленный потребностями современного человека в комфорте, делает в свою очередь необходимой урбанизацию зон отдыха.

Растущий уровень автомобилизации, увеличивающаяся мобильность населения все более расширяют зоны доступности человеком природных ландшафтов и в тоже время способствуют строительству автомобильных дорог и более равномерному распределению рекреационных нагрузок на природную среду.

Таким образом, воздействие урбанизации на природу далеко не однозначно. Поэтому природу можно сохранить, лишь преодолев отрицательные последствия и использовав преимущества этого процесса.

4.1 Функциональная оценка города

Воздействуя на окружающую среду, города, городские агломерации и сам человек испытывают с ее стороны ответные отрицательные реакции, нередко ведущие к конфликтным ситуациям в собственно градостроительной сфере (гибель зеленых насаждений, резкий дефицит водных ресурсов, ухудшение инженерно-геологической обстановки, социальные конфликты и др.). Таким образом, поиски путей совершенствования экологически оптимальной городской среды и городского природопользования неизбежно должны пересекаться и во многом обуславливать друг друга (Владимиров, 1996).

В то же время экологии городских ландшафтов в период с конца 70-х годов практически не уделялось внимания. В результате планировочная структура территории многих городов России и характер функционирования различных городских территорий не отвечают в настоящее время требованиям сохранения устойчивого развития городской среды. Причины этого, очевидно, следует искать в отсутствии интеграции между экологическими, градостроительными, экономическими, административными подходами к территориальному планированию городов.

Функциональная оценка города с позиции восприятия его человеком основывается на признании в качестве наиболее значимых следующих его свойств:

- среда, в которой формируются физические условия проживания – физиологическая среда жизни (санитарно-гигиенические, микроклиматические, безопасность жизни);
- удобство проживания, включая функционально-технический комфорт – условия экономически эффективной деятельности, коммуникаций;
- эстетическая функция среды, обеспечивающая воспроизводство культурных традиций населения.

Из перечисленных трех факторов, влияющих на выбор городского образа жизни, экологическим можно назвать лишь первый. Не отдавая реальных приоритетов ни одному из трех, тем не менее, следует сказать об их взаимообусловленности и равнозначности. Из этого следует вывод, что комфортной может являться та городская среда, в которой достигается баланс уровня качества перечисленных позиций, и это качество различно в каждой национальных культур.

При выборе места для строительства города рассматриваются две группы свойств природных компонентов среды (грунт, рельеф, вода, воздух, растительность): а) экономические и б) экологические. Превалирование тех или иных качественных и количественных

показателей предопределяет социально-экономические функции города. Экономические функции связывают воедино различные группы факторов, характеризующих ресурсную базу развития промышленности, строительство, наличие трудовых ресурсов, транспортные и информационные связи с другими населенными пунктами.

Наибольшие сложности с точки зрения контроля за состоянием среды возникают при эксплуатации территории, на первый план выступают экономические и социальные факторы. Создаются комфортные условия для жизни в городе: водопровод, канализация, электричество, прокладывается сеть газоснабжения, телефонные кабели, сеть транспортных коммуникаций (трамвай, троллейбус, метрополитен), строится благоустроенное жилье. Экономические условия диктуют концентрированное использование территории, что приводит к росту города "вверх" (строятся многоэтажные здания) и "вниз" – активно осваивается геологическая среда (подземные коммуникации, сооружения: гаражи, склады и др.). Большая часть территории закрывается асфальтом.

Экологическая организация рельефа города в течение последнего столетия во всех странах мира заключалась в проектировании и сооружении объектов, входящих в среду обитания человека, с целью ее постоянного улучшения и совершенствования. Для решения этой задачи на территории города обычно ведутся исследования в двух направлениях.

Первое направление – выявление территорий, неблагоприятных для строительства. В этом случае исследования рельефа проводятся с учетом требований:

- застройки (определение территорий с недопустимо крутыми склонами; с рельефом, ограничивающим длину зданий; выявление участков, неудобных для застройки по условиям отвода поверхностных вод);
- транспортных сообщений (определение трасс, непригодных для устройства улиц);
- организации стока ливневых вод и канализирования (установление бассейнов стока, водоразделов, тальвегов; определение территорий, канализируемых без перекачки; определение участков, неудобных для канализирования; выявление возможных трасс для коллекторов водостоков и хозяйственно-фекальной канализации).

Для жилищного строительства важна также экологическая оценка рельефа (замкнутые котловины с длительным застоём воздуха, сильно затененные участки неблагоприятны для здоровья человека, так как плохо проветриваются и недостаточно освещены).

Второе направление – вертикальная планировка. Это приспособление и изменение естественного рельефа городской территории к инженерно-транспортным нуждам и застройке.

К вертикальной планировке относятся создание рельефа, благоприятного для движения транспорта, канализирования районов города, размещения подземных сооружений, разрешения отдельных вопросов инженерной подготовки территории (например, обвалование города, подъем отметок поверхности городской территории выше затопляемых паводковыми водами участков, подсыпка заболоченных участков и т.п.).

Критерии выявления неблагоприятных для строительства территорий закреплены в "Строительных нормах и правилах" (СНиП), однако возникают во многом сходные геоморфологические проблемы, связанные с освоением территории и созданием комфортных условий. По данным ЦНИИП Градостроительства, около 20% городов страны расположены на территориях со сложным рельефом; в 52 городах (среди них Владивосток, Смоленск, Мурманск, Севастополь) более 50% городской застройки и в 57 городах 25–50% городской застройки размещаются на склонах повышенной крутизны.

Каждый конкретный вид градостроительного освоения предъявляет к рельефу территории свои специфические требования и вместе с тем характеризуется определенными видами, интенсивностью и масштабом преобразований. Практически нет городов, территории которых осваивались и осваиваются без осуществления специальных, зачастую весьма сложных и дорогостоящих комплексов их инженерной подготовки.

Экологическая организация города является специфической сферой деятельности, направленной на достижение и поддержание качества компонентов среды на уровне, соответствующем определенным стандартам. Эффективность экологической организации города самым непосредственным образом зависит от того, насколько учтено саморазвитие природных комплексов, их ответная реакция на воздействие, насколько учтены качества компонентов природной среды, их устойчивость к техногенным воздействиям.

Многообразная деятельность человека в городских агломерациях, связанная с преобразованием природы, далеко выходит за пределы территории непосредственной застройки и оказывает влияние на все компоненты природной среды. Так, физико-геологические изменения почв, подземных вод и других компонентов литогенной основы ощущаются в зависимости от конкретных условий в радиусе 25–30 км, биогеохимические изменения среды – на еще больших расстояниях. Крупные города, а тем более городские агломерации оказывают влияние на окружающую среду в радиусе в 50–65 раз больше, чем их собственный радиус (Башкин и др., 1993). Особенно сильно влияет урбанизированная среда на почвы, водоемы, воздушную среду и растительный покров. Наиболее общие критерии масштаба антропогенного давления на

природную среду в пределах урбанизированных территорий – величина города или агломерации, плотность населения и застройки, хозяйственный профиль урбанизированного образования (отрасли промышленности, степень развитости санитарно-курортных функций и т.д.). Экологические характеристики урбанизированного района при высокой степени сближенности ядер агломераций между собой значительно хуже, чем у отдельной агломерации, вследствие антагонистических эффектов антропогенных урбанистических нагрузок на одну и ту же территорию.

Следовательно, *урбанистические образования* выступают как исключительно мощные *антропогенные факторы деградации природы*. Вследствие огромной концентрации техногенных нагрузок в крупных городах и городских агломерациях, необратимого нарушения в них водно-земельного режима, примитивности биоразнообразия и ничтожной биологической продуктивности урбоценозов даже в хорошо благоустроенных и озелененных поселениях сила и скорости антропогенных воздействий всегда будут превышать темпы адаптации к этим воздействиям природной среды. Для избежания развития этих процессов на обширных пространствах необходимо обеспечить природной среде в целом и отдельным ее компонентам равновесное состояние, т.е. реабилитацию воды, воздуха, почвенно-растительного покрова, отдельных городских ландшафтов и всей урбоэкосистемы в целом.

Взаимодействие городских и природных компонентов урбоэкосистемы. При планировании городских территорий в течение последних десятилетий на первом месте стояли градостроительные и санитарно-гигиенические нормативы. Экологическим вопросам, как правило, уделялось остаточное внимание. При этом планирование, проектирование городских территорий велось по нормативам, определяющим требования не к городу как территориально целостному образованию, а к отдельным его районам, различным по функциям – промышленным зонам, селитебным территориям, инженерно-транспортным коридорам и т.д. В результате такого проектного подхода к городу как к разрозненным территориям планировочная структура многих городов не отвечает в настоящее время требованиям сохранения и устойчивого развития городских систем различного иерархического и функционального статуса.

Изменение этой ситуации возможно лишь при переходе на такой принцип проектирования, который предусматривает развитие не функций отдельных участков, а территории города как целостной урбоэкосистемы. При этом территория города определяется как объединенная единой пространственно-временной функцией и направленная на формирование условий жизнедеятельности проживающего населения в целях производства несельскохозяйственной продукции с максимально

возможной экономической эффективностью. При этом экономическая эффективность определяется как функция между затратами на производство продукта за счет потребления естественных ресурсов – земли, воды, воздуха и т.д., и затрат на требуемое принятыми стандартами воспроизводство качества окружающей среды, постоянно изменяемое в процессе производства.

Для понимания механизмов взаимного влияния городских и природных территориальных образований принципиально важно отметить, что городские структуры всегда имеют отрицательно направленное воздействие на природные ландшафты. Это сопровождается структурной и функциональной перестройкой природного ландшафта.

В результате перестройки трансформируется вертикальная и горизонтальная структура природно-территориальных комплексов, и они типологически переходят в другую категорию территориальных образований – становятся **городскими ландшафтами**.

Городские ландшафты можно определить как территориальную единицу, обладающую структурой, искусственно формируемой из исходной природной и постоянно перерабатываемой в результате строительства и функционирования городских объектов, инженерных коммуникаций и дорог с учетом действующих градостроительных нормативов (Курбатова, 2003). Основными элементами и факторами, образующими структуру ландшафтов в городе, становится улично-дорожная сеть и инженерные коммуникации. Они определяют как направленность, так и интенсивность основных потоков вещества и энергии. В предельном случае они забирают полностью все функции транзита веществ, энергии и информации.

В пределах города **динамика ландшафтов** определяется временем их нахождения в нем, степенью и видом городского влияния и наличием внутриландшафтных процессов, способствующих трансформации (ослаблению или усилению) антропогенного воздействия.

Основными компонентами, определяющими качество ландшафтов в условиях города, становятся растительный и почвенный покров, т.к. они имеют прямой социальный эффект. Именно они наравне с искусственными городскими сооружениями определяют внешнюю городскую специфику ландшафта, являясь внешними реперами, по состоянию которых можно судить об эффективности построения ландшафтной структуры, взаимосвязи между остальными компонентами ландшафта – литологической основой, гидрогеологическими и гидрохимическими условиями и т.д.

В свою очередь, почва и растительность являются наиболее лабильными и наиболее деградируемыми компонентами городских

ландшафтов, что и определяет скорость динамических изменений самих ландшафтов в целом.

Почва, растительность, это т.н. горизонтальная структура городского ландшафта. Помимо него, есть еще вертикальная структура.

Вертикальная структура городских ландшафтов. Развитие городов приводит к изменениям рельефа поверхности земли, физико-механических свойств пород, гидрогеологических условий, направленности физико-геологических процессов и явлений. Изменение рельефа происходит при вертикальной планировке, застройке и благоустройстве территории, добыче полезных ископаемых.

На городских территориях обычно идут два процесса – *понижение* и *повышение* отметок поверхности. Главный процесс связан со срезкой грунта, террасированием склонов, устройством выемок, опусканием и просадкой поверхности земли. Второй – с перемещением грунтов, складированием отвалов и твердых промышленных и бытовых отходов, гидронамывом грунтов, засыпкой оврагов, болот и т.д.

Изменение физико-механических свойств пород верхнего горизонта литосферы ощущается в городах на глубине до 20–50 м, реже до 100–300 м. Наиболее активно породы изменяются под воздействием статических и динамических нагрузок, обводнения и осушения, вибрации и электромагнитных излучений.

Влияние городской застройки на подземные воды ощущается на глубину 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.

В городах и городских агломерациях широко распространены физико-геологические процессы. Так, с деятельностью человека связано 60–85% случаев развития оползней и 80–95% случаев образования оврагов. При этом городская застройка ведет к активизации процессов, увеличивающих площадь непригодных городских земель.

Таким образом, можно заключить, что взаимодействие литосферы и расселения во многом определяют уровень энерговооруженности и химизации общества и его возможности в использовании подземного пространства. Как правило, поэтому негативные процессы в литосфере наиболее ярко проявляются в наиболее крупных городах (наличие крупных подземных коммуникаций, метрополитена, больших масс многоэтажных зданий, тяжелого наземного транспорта и т. д.), а также в

районах открытой добычи полезных ископаемых и ведения интенсивного сельского хозяйства (Владимиров, 1996).

Вопросы для самопроверки

- 1. Из чего складывается функциональная оценка города?*
- 2. Что характеризует экологическую организацию рельефа города?*
- 3. В чем заключается особенности городского ландшафта?*
- 4. Что понимается под вертикальной структурой городского ландшафта?*

5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРОДОВ С АБИОТИЧЕСКИМИ КОМПОНЕНТАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Города – в первую очередь материальные объекты, и их материальная основа – территория, геологическая среда, почвы, поверхностные и подземные воды, воздушный океан – все это абиотические компоненты биосферы, активно взаимодействующие с городскими структурами. Воздействие городов на эти компоненты весьма велико. Масштабны и деформации, и обратные реакции на городское давление всех этих компонентов.

5.1 Города и литосфера

Города и другие техногенные образования на Земле занимают примерно 2,5–3% ее суши. Но эта доля непрерывно растет. Каждый день в мире изымается для различных целей из сельского хозяйства 2 тыс. га земель, а общая их площадь (вместе с лесными и другими территориями) значительно больше. Считают, что уже к началу XXI века 15% суши будет занято городами, промышленными устройствами, и высказываются опасения, что через 150 лет (при современных темпах роста населения) на каждого жителя планеты будет приходиться менее 0,5 га территории.

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, как и проблема резервных территорий для городского развития, особенно актуальна в урбанизированных плотно заселенных странах. В Нидерландах, например, на каждого жителя приходится немногим более 0,25 га, включая городские, сельскохозяйственные земли, национальные парки и т.д. Население Нидерландов уже в течение нескольких столетий ведет героическую борьбу с морем, отвоевывая у него новые земли.

Земля имеет также и огромную *потребительскую ценность*, главным образом потому, что верхний ее горизонт является одним из важнейших компонентов биосферы – почвой. Почвы характеризуются высокой концентрацией в них живого вещества, продуктов его жизнедеятельности и отмирания, обладают высокой химической активностью. *Почвенный покров* представляет собой огромный *общепланетарный аккумулятор и распределитель энергии*, удерживающий в биосфере важнейшие для ее функционирования элементы – углерод, азот, калий, фосфор, кальций и др. Через почвенный покров

осуществляются сложнейшие процессы обмена веществ и энергии литосферы, атмосферы и гидросферы со всеми обитающими в биосфере организмами, в том числе человеком.

Запасы почвы на Земле достаточно велики, но 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. Особенно легко в процессе водной эрозии и дефляции (раздувания ветром) почв нарушаются наиболее ценные сельскохозяйственные земли.

На территории города практически не остается почв как естественного продукта. Городские почвы – это специфическое образование, сформированное при активном участии антропогенного фактора и хозяйственной деятельности.

В настоящее время **мониторинг городских почв** показывает, что состояние многих городских почв, оцененное по принятым санитарно-гигиеническим методам (ПДК), близко к критическому или даже катастрофическому, когда в большинстве почв содержание многих загрязняющих веществ (тяжелые металлы, соли, стойкие органические соединения) превышает эти ПДК от нескольких раз до десятков и сотен раз.

Вообще говорить о высоком или низком уровне загрязнения очень сложно. Усредненная по территории, такая характеристика ничего не дает из-за пространственной неоднородности содержания загрязнителей и дискретности источников загрязнения.

Применяемые санитарно-гигиенические ПДК вредных веществ были разработаны для сельскохозяйственных почв и агроэкосистем (соответственно, рыбохозяйственные для водоемов с рыборазведением) и не имеют реального отношения к городским экосистемам. Это положение нашло свое отражение в величинах критических уровней содержания поллютантов, установленных в странах ЕС, США, Канады и многих развитых азиатских странах, которые во много раз (10–100–200) превосходят соответствующие величины ПДК для городских почв. Например, ПДК для содержания валового свинца в Москве (России) равно 38 мг/кг почвы, а в Англии – 300 и 2000 мг/кг для городских почв различного использования. Аналогичные примеры можно привести и для других элементов.

Таким образом, если перейти на международно принятые нормы оценки критического содержания загрязняющих веществ в почвах урбоэкосистем, то их состояние уже будет весьма дифференцированным, изменяясь от удовлетворительного до критического при различном соотношении этих рангов в различных частях города.

Почвы в городах также сильно изменены в результате деятельности человека. Часто естественные почвы просто отсутствуют, их заменяют искусственные насыпные антропопочвы. Наиболее неблагоприятная черта городских почв в отношении растений – их **повышенная уплотненность**, которая в свою очередь отрицательно воздействует на температурный режим почв, на состояние микроорганизмов и т.д. Городские почвы *обеднены органикой*, они содержат разнообразные загрязнители: *повышенные концентрации соединений металлов, солей* (особенно зимой, после действия антигололедных реагентов), строительный мусор и другие отходы, что нарушает естественные процессы, происходящие в почве, обедняет ее элементами питания растений.

Факторами, усложняющими структуру почвенного покрова, являются: наличие фундаментов зданий, линии метрополитена и запечатанная дневная поверхность. *Запечатанность почв*, например, в Москве, в пределах Садового кольца достигает 80-90% площади, территорий промышленных зон – до 80%. Почвы под жилой застройкой различаются по степени запечатанности от 20 до 70%.

Все компоненты городских ландшафтов подвергаются трансформации (амортизации). При этом наиболее сильной амортизации подвергается почвенный покров, который становится биотоксичным (подавляется развитие естественных микроорганизмов, прорастание семян, развитие корневой системы). Применяемая в городе система создания почвенного слоя при производстве работ по озеленению, особенно в части создания газонов, не дает положительного результата в силу недоучета особенностей строения почвенной толщи в естественных условиях. При подсыпке только торфяной смеси на поверхность грунта и замене грунта в посадочных ямах создаются первичные почвы (конструктоземы), не способные к саморазвитию в процессе дальнейшего функционирования. *Биологический ресурс* таких грунтов исчерпывается *в первые 2–3 года после посадки зеленых насаждений*.

Соответственно, должны различаться и методы реабилитации городских почв. Признавая обоснованность принятой в настоящее время практики реабилитации урбоэкосистем путем замены их загрязненных почв на инженерно созданные грунты и даже продолжение развертывания этой работы (примерно на 10–15% в год), необходимо рассмотреть и применение других реабилитационных технологий в зависимости от степени загрязненности почв и экосистем. Эти технологии весьма разнообразны и могут применяться как на месте, так и на специальных площадках (грунтовых заводах), куда вывозится реабилитируемая почва. В условиях городов для реабилитации почв на месте (без вывоза) широкое распространение должна получить фиторемедиация почв, основанная на выращивании специальных растений, поглотителей тяжелых металлов

(например, амаранта). Фиторемедиация особенно эффективна для удаления свинца из придорожных (50–100 м) почв. Напротив, на особо загрязненных участках возможно использование высокотехнологичных приемов, например, электрокинетических технологий для удаления тяжелых металлов, основанных на перемещении ионов металлов к аноду при подаче в почву маловольтажного напряжения.

Биологическая активность почвы и ее изменения под воздействием загрязнения. Согласно воззрениям современной биогеохимии, почва представляет собой открытую биокосную систему с наличием ряда прямых и обратных связей. Оценка антропогенного воздействия и соответствующей степени загрязнения почв может быть выполнена на основании данных по изменению химического состава твердой и жидкой фазы и с использованием принципов биологической индикации загрязнения. Биологическая индикация загрязнения почв включает методы оценки почвенной биоты (ботанические, зоологические), структуры биоценозов (микробиологические) и продуктов жизнедеятельности почвенных организмов (биохимические).

Ботанические методы фитомониторинга загрязнения почв достаточно хорошо разработаны и представляют собой сопряженный анализ биогеохимического круговорота загрязняющих веществ в системе почва-растение. Известны многие растения-индикаторы загрязнения, по их морфологическому виду и химическому составу можно с достаточной степенью уверенности судить о наличии поллютантов в почвах.

В последние годы сравнительно быстро развиваются почвенно-зоологические принципы индикации загрязнения. Наиболее ценны и информативны комплексы крупных беспозвоночных (дождевые черви, многоножки, личинки насекомых), которые менее космополиты.

Основой для развития альгологических методов загрязнения почв служит возможность количественной оценки изменения состава водорослей и их пигмент-активности в условиях поступления различных уровней поллютантов. Однако оцениваться должны именно доминантные для данной почвы виды водорослей и их группы.

Микробиологическая и биохимическая индикация почвенного загрязнения – наиболее сложные, но и наиболее информативные показатели. Микроорганизмы – очень чуткие индикаторы, резко реагирующие как на численность отдельных видов, так и на структуру микробного сообщества (микробиоценозы) при различных изменениях среды.

Показателями биологической активности почв могут служить количественные характеристики численности и биомассы разных групп почвенной биоты, их общая продуктивность, некоторые энергетические данные, активность основных процессов, связанных с круговоротом

элементов, ферментативная активность почв, а также количество и скорость накопления продуктов жизнедеятельности почвенных организмов.

Для определения размеров микробной биомассы и продуктивности используют не только прямые методы подсчета числа клеток, но и косвенные методы.

Наиболее общими являются методы, позволяющие оценить суммарные биологические процессы по величинам исходных или конечных продуктов. Например, дыхание почв оценивается по поглощению O_2 и/или выделению CO_2 ; активность азотфиксации по восстановлению ацетилена; разложение и накопление продуктов метаболизма – по изменению структуры аппликационных материалов (целлюлозы, хроматографической бумаги, целлофана). К числу методов, позволяющих определить потенциальную биологическую активность почв, относятся методы определения активности отдельных ферментов, таких, как уреазы, фосфатазы и другие.

Показатели, характеризующие состояние биологической активности почв, можно использовать для контроля загрязнения почв. Загрязняющие вещества можно условно подразделить на два большие класса:

- химическое загрязнение (тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты, радионуклиды, минеральные удобрения);
- биологическое загрязнение объектами биотехнологического производства (белки, белково-витаминные концентраты, лекарственные препараты, условно патогенные и патогенные микроорганизмы).

Биологическая индикация химического загрязнения. Тяжелые металлы (ТМ) влияют существенным образом на численность, видовой состав и жизнедеятельность почвенных организмов. Под воздействием ТМ происходит ингибирование процессов минерализации и синтеза различных веществ в почвах, подавление дыхания и развития мутагенных процессов.

Большинство тяжелых металлов при накоплении в почвах ингибируют активность почвенных ферментов: каталазы, уреазы, амилазы, дегидрогеназы, инвертазы. Токсичность ТМ неодинаково проявляется по отношению к различным ферментам. Например, в дерново-подзолистой почве наиболее чувствительна каталаза, активность которой снижалась на 25% при концентрации Cd, в 3 раза превышающей фоновую, Zn – в 10 раз и Pb – в 25 раз. Активность каталазы проявляет низкую чувствительность.

Установлен ряд токсического воздействия тяжелых металлов на ферментативную активность почв: $Cd > Pb > Zn > Cu$. Следует отметить, однако, что при низких концентрациях ТМ происходит слабое стимулирующее действие на активность ферментов. Например, активность дегидрогеназы увеличивается на 10% в присутствии 700 мг Zn на кг почвы,

активность уреазы – в присутствии 2 мг/кг Cd (Звягинцев, 1989). Это еще раз подтверждает гипотезу о наличии зон дефицита, оптимума и избытка при оценке адаптации биоты к воздействию различных химических веществ.

Тяжелые металлы при избыточном накоплении в почвах могут вызвать изменения общей численности почвенных микроорганизмов.

Засоление и подщелачивание городских почв. Воздействие солей на почвы городских ландшафтов проявляется в форме засоления (избыточное содержание солей в почвенном растворе) и подщелачивания (избыточное накопление натрия в почвенном поглощающем комплексе). Этот вид загрязнения почв в городах связан с применением антигололедных препаратов зимой.

В течение длительного времени в большинстве городов России и сопредельных стран в качестве антигололедного препарата применялся хлорид натрия. Экологические последствия связаны как с засолением, так и подщелачиванием городских почв. Применение смесей на основе хлоридов кальция в течение зимнего периода имеет ряд преимуществ, важнейшими из которых являются меньшие дозы внесения, меньшее воздействие на развитие растений, поскольку кальций-ион полезен для формирования почвенной структуры, для нейтрализации кислотных выпадений, для питания растений и микроорганизмов. Несмотря на эти очевидные плюсы, имеются и минусы: кальций гораздо сильнее закрепляется в почвенном поглощающем комплексе и происходит его аккумуляция в городских почвах с формированием кальциевой засоленности, хотя это явление лучше натриевой засоленности.

Засоление определяется концентрацией ионов, растворенных в почвенной воде и напрямую измеряется на основании электропроводности (ЕС). Определение ЕС проводится в водных экстрактах из почв или в насыщенных почвенных пастах (смеси почвы и воды в пропорции 2:1).

Метод насыщенной почвенной пасты позволяет оценить содержание солей при нормальной полевой влажности почвы, равной 4-кратной величине влажности завядания растений.

При величине электропроводности в насыщенной почвенной пасте в размере 4 дециСименса/м почва считается засоленной и в ней возможно ингибирование роста чувствительных растений.

Подщелачивание. Для оценки содержания натрия в почве и воздействия его избыточного количества на растения и почвенные организмы используется два параметра. Это степень адсорбции натрия и процент обменного натрия. Первый параметр используется для описания состава почвенного раствора и может применяться для предсказания величин процента обменного натрия.

При величине обменного натрия более 15% почва считается подщелоченной. Избыточное содержание натрия приводит к разрушению почвенной структуры, поэтому при величине около 50% необходимо проводить ремедиацию почв.

Применение только санитарно-гигиенических ПДК почв не позволяет реально оценить степень их загрязненности и экологического состояния. Накопленный экспериментальный материал позволяет определить оптимальные показатели качества городских почв. Если состояние почв городских экосистем существенно отличается от отмеченных параметров, то необходимо проведение **ремедиации**, или **восстановления почв**.

Процессы эрозии и дефляции почв особенно активно протекают в плотнозаселенных районах, в городских агломерациях, на территориях городов, где эти процессы, помимо концентрированной физической антропогенной нагрузки, осложнены сильно измененными в условиях урбанизации электромагнитным, гидродинамическим, геохимическим и гравитационным режимами.

Помимо водной эрозии и дефляции почв, которые широко распространены не только в пределах систем расселения, но и в районах товарного зернового хозяйства, заселенных сравнительно неплотно, почвенный покров подвержен физическим разрушениям в результате открытой добычи полезных ископаемых, физического воздействия тяжелых сельскохозяйственных машин, загрязнения пестицидами, минеральными удобрениями и солями тяжелых металлов, засорения бытовым мусором и производственными отходами. Как отдельную проблему можно выделить "психологическое загрязнение" ландшафта.

Ежегодно из недр Земли извлекается около 100 млрд т горных пород, при этом значительная их часть добывается *открытым способом*. В России, например, треть каменного угля и значительное количество железной руды добывается таким способом, и в перспективе объемы вскрышных работ еще более возрастут. Открытые разработки полезных ископаемых нарушают не только почвенный покров. Поскольку карьеры достигают значительной глубины (до 0,8–1,0 км), нарушаются и гидрогеологические условия, возникают так называемые "лунные ландшафты".

Многие нарушенные земли находятся в непосредственной близости от больших и крупных городов, в их пригородных зонах, где развито наиболее продуктивное сельскохозяйственное производство, сосредоточены места кратковременного загородного отдыха людей. При этом большие нарушения почвенного покрова в местах расселения людей происходят не только и не столько в результате открытой добычи полезных ископаемых, а как следствие строительства различного рода

выемок, насыпей, образования терриконов и т.д. Сама градостроительная деятельность невозможна без перемещения грунта, срезки почвенного слоя и т.д.

Большую опасность представляет неумеренное применение *пестицидов* (гербицидов, инсектицидов и дефолиантов), а также минеральных удобрений.

Неумелое внесение химических соединений в почву вызывает резко отрицательный эффект в численности и активности почвенной фауны. Пестициды и минеральные удобрения загрязняют не только почву, но также поверхностные и подземные воды, поэтому их применение в плотнозаселенных городских агломерациях приходится регламентировать особенно строго.

Проблема ликвидации твердых бытовых отходов (ТБО), или, попросту говоря, мусора была известна еще на заре человеческих поселений. Сейчас именно доисторические свалки представляют серьезнейшие объекты исследования археологов. С тех пор масштабы образования мусора на планете выросли в сотни тысяч раз. По своему составу ТБО неоднородны и содержат макулатуру (20–40% от общей массы), черные и цветные металлы (2–5%), пищевые отходы (20–40%), пластмассу (1–5%), стекло (4–6%), текстиль (4–6%), и т.д.

В настоящее время на земном шаре ежегодно образуется около 1 млрд т мусора (в США не менее 150 млн т, Японии – 35 млн т, Великобритании – 20 млн т, ФРГ – 20 млн т, России – до 30 млн т). Значительное место в бытовом мусоре занимают отбросы из синтетических материалов, которые практически не расщепляются естественным путем, накапливаются в окружающей среде и загрязняют почву и воду. На каждого жителя Земли приходится более 20 т опасных отходов (вместе с промышленными). Значительные объемы бытовых отходов хранятся на свалках. Хранение мусора на непригодных свалках чревато опасностью загрязнения почвы и воды в границах городских агломераций. А свалки, как правило, находятся далеко не в самом лучшем состоянии.

Серьезную экологическую опасность представляют твердые промышленные отходы, объемы которых в несколько раз превышают объемы ТБО. Некоторые отрасли промышленности – энергетическая, горнорудная, химическая, черная металлургия и др. большую часть переработанного сырья пускают в отходы. Свалки, полигоны, хвостохранилища могут занимать значительные территории и содержать до нескольких миллиардов кубометров отходов. Современная ТЭЦ, например, требует под золоотвалы до 1000–1200 га, шлаковые отвалы на металлургических заводах проектируются из расчета 10 т/м² и могут занимать также более тысячи га, хвостохранилища горно-обогатительных

комбинатов требуют отвода, как правило, тысяч гектаров нередко плодородной земли. Промышленные отходы опасны не только тем, что они занимают много места, заиливают водостоки, неэстетичны, но прежде всего тем, что могут самовозгораться (терриконки и свалки металлической стружки), содержат ядовитые вещества и соли тяжелых металлов, которые вымываются осадками, выветриваются, загрязняя почву, водный и воздушный бассейны.

В разных частях планеты широко известно явление геохимических аномалий в ландшафте. Так, например, в почвах лесостепи и степи недостаточно меди, таежная зона характеризуется недостаточностью меди и кобальта, серые лесные почвы бедны молибденом и т.д. Известны геохимические аномалии, характеризующиеся избыточным содержанием тех или иных элементов. Известны также и болезни, порожденные такими аномалиями – эндемичный зоб (недостаток фтора), урвовская болезнь (избыток стронция и дефицит кальция) и т.д. Большие масштабы производства металлов и несовершенная технология ведут к тому, что на планете образуются большие ареалы искусственных геохимических аномалий. Так, например, до настоящего времени на Земле выплавлено не менее 20 млрд т железа, а весь мировой металлофонд составляет 6 млрд т, 14 млрд т рассеяно в биосфере. В России из-за коррозии и истирания теряется не менее 2 млн т железа, т.е. около 10% от выплаваемого ежегодно металла. Подобные "потери" на многих металлургических заводах достигают 20%.

В результате неполного использования сырья, прямых потерь и отходов производства к середине следующего века концентрация некоторых элементов в почве увеличится в 10–100 раз и более. В будущем, если не изменится технология, суммарная величина техногенного поступления некоторых элементов превысит их естественное содержание в гумусовом слое в десятки тысяч раз. Выброс металлов в биосферу в процессе техногенеза пропорционален плотности населения, поэтому особенно опасно формирование техногенных геохимических аномалий в пределах городских агломераций, систем расселения.

Специфическая проблема – это так называемое психологическое "загрязнение" ландшафта, то есть прогрессирующее снижение эстетических качеств пригородных и урбанизированных территорий вследствие их безликой структуры или несоответствующей данному ландшафту застройки, засорение ландшафта железобетонными и другими конструкциями, увеличение доли в ландшафте так называемых "бросовых" земель и т.д.

Безликая застройка городов, игнорирование законов композиции, колористики, ритмики и т.д., появление одинаковых, скучных и неудобных для жизни многоэтажных домов, ликвидация нормальных, соразмерных

человеку дворовых пространств формируют антигуманную среду не только по ее функциональным качествам, но и по негативному воздействию на нервную систему человека. Значительные масштабы индустриального строительства, решающего чисто утилитарные задачи, с каждым годом обостряют эту негативную проблему.

Особенно опасно рассеивание в биосфере ртути, свинца, меди, цинка. В зоне загрязнения ртутного комбината, например, 1 кг почвы содержит до 400 мг ртути, тогда как фоновое загрязнение в среднем составляет 0,1 мг/кг. Ртуть, содержащаяся в пестицидах, отходах целлюлозно-бумажного и хлорного производства особенно долго удерживается в биосфере и образует при соединении с органическими веществами особо вредные соединения метил-ртути. Оправление ртутью характеризуется поражением хромосомного аппарата (болезнь Минамата в Японии и др.). Свинец содержится не только в отходах предприятий по его выплавке и рафинированию, но и в выхлопных газах автомобилей (в течение года один автомобиль выбрасывает более 1 кг свинца). Вдоль автодорог образовались достаточно широкие (до 150 м) полосы свинцовых геохимических аномалий, в пределах которых 1 кг сухой биомассы содержит до 50 мг свинца (100 мг на 1 кг корма смертельны для скота). Свинец очень прочно удерживается гумусом, накапливается в верхних слоях почвы и может привести также к заболеванию хромосомного аппарата у животных и человека. Повышение количества меди и цинка в почвах приводит к замедленному росту растений и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Цинк содержат промышленные отходы, суперфосфатные удобрения, сельскохозяйственные сточные воды, медь – промышленные выбросы, стоки с рудников и медьсодержащие фунгициды.

К сожалению, и на пригородные ландшафты еще смотрят не только как на территории, в функциональном отношении связанные с массовым отдыхом и пригородным сельским хозяйством, но главным образом как на само собой разумеющееся место для устройства свалок, различных складов и баз и т.д. И склады, и свалки, безусловно, нужны и чаще всего именно в пригородных зонах, но их следует размещать упорядоченно, в определенных местах.

Пригородные территории – это арена наиболее интенсивной (после городских территорий) застройки. При этом случайная их застройка, увлечение стандартными объемами общественных и жилых зданий, нередко уродливые конструкции архитектуры малых форм, водонапорных башен, промышленных и транспортных объектов, не в меньшей, а может быть, даже в большей степени, чем строительный и бытовой мусор уродуют ландшафт, резко снижают его эстетическую ценность. Продолжающаяся застройка вдоль пригородных территорий, вдоль транспортных магистралей, возведение многоэтажных зданий там, где это не диктуется необходимостью, полное игнорирование интересов композиции застройки, гармоничного сочетания природного и

антропогенного ландшафта – не меньшее зло, чем ухудшение экологических характеристик территории.

Процессы взаимодействия литосферы с урбанистическими образованиями многообразны как по их физической, химической природе, так и по времени антропогенных воздействий на почвогрунты и глубинные геологические структуры. При этом комплексное влияние нескольких факторов (статические и динамические нагрузки, химические превращения, влияние электромагнитных излучений, токсинов и др.) существенно изменяет участки литосферы, делая их в ряде случаев не пригодными для застройки, ведения сельского или лесного хозяйства. Наиболее характерными в этом отношении представляются взаимодействия градостроительных структур с литогенной основой ландшафта.

Развитие городов приводит к изменениям рельефа поверхности земли, физико-механических свойств пород гидрогеологических условий, направленности физико-геологических процессов и явлений. Изменение рельефа происходит при вертикальной планировке, застройке и благоустройстве территории, добыче полезных ископаемых. На городских территориях обычно идут два процесса: понижение и повышение отметок поверхности. Главный процесс связан со срезкой грунта, террасированием склонов, устройством выемок, опусканием и просадкой поверхности земли. Второй – с перемещением грунтов, складированием отвалов и твердых промышленных и бытовых отходов, гидронамывом грунтов, засыпкой оврагов, болот и т.д.

В городах и городских агломерациях широко распространены негативные *физико-геологические процессы*. Так, с деятельностью человека связано 60–85% случаев развития оползней и 80–95% случаев образования оврагов. При этом городская застройка ведет к активизации процессов, увеличивающих непригодные городские земли. Как правило, негативные процессы в литосфере наиболее ярко проявляются в наиболее крупных городах (наличие крупных подземных коммуникаций, метрополитена, больших масс многоэтажных зданий, тяжелого наземного транспорта и т.д.), а также в районах открытой добычи полезных ископаемых и ведения интенсивного сельского хозяйства.

Изменение физико-механических свойств пород верхнего горизонта литосферы ощущается в городах на глубине до 20–50 м, реже до 100–300 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 глубину 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. Понижение уровня подземных вод больше всего зависит от дренажей, регулирования паводков, откачки вод. Во многих крупных городах и городских агломерациях сформировались воронки депрессий диаметром несколько десятков и сотен километров и глубиной несколько сотен метров. На повышение уровня подземных вод влияют инфильтрации из водохранилищ, полей фильтрации, утечка воды из подземных сетей, резервуаров и т.д. В ряде городов и пригородных территорий эти явления носят региональный характер. Особенно широкое развитие такие явления получили в районах с распространением макропористых лессовидных суглинков (Правобережная Украина, Западная Сибирь и др.). В особо неблагоприятных случаях (ошибочный выбор площадки, небрежное производство работ по прокладке подземных коммуникаций, наличие рядом водохранилища и др.) изменение свойств фунтов вследствие их намочения может приобрести катастрофический характер, примером чему может служить г. Волгодонск.

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.

5.1.1 Геологическая среда города

Воздействие геологических факторов на городские экосистемы
Геологическая среда является одним из важнейших геоэкологических факторов, определяющих развитие экологии города. В течение длительного времени развития городов наиболее заметные изменения произошли в почвогрунтах, гидрогеологическом и геологическом строении "подземных" горизонтов городской экосистемы.

Все экосистемы, в т.ч. и городские подвержены влиянию природных катаклизмов, протекающих со значительными скоростями, не позволяющими произойти адаптации и зачастую разрушающими экосистемы. К ним в геосфере относятся землетрясения, извержения вулканов и т.д.

При строительстве любой городской агломерации эти факторы должны учитываться при выборе местоположения, конструкции сооружения и проектировании средств защиты. Недоучет этих факторов приводил к человеческим жертвам и нарушениям экосистемы городов.

Области распространения **землетрясений** на нашей планете чаще всего увязываются с границами тектонических плит. Две трети

землетрясений приходится на Тихоокеанский пояс вдоль границ нескольких тектонических плит.

Второй пояс протягивается вдоль границ плит от Малайского архипелага, вдоль Гималаев и далее в Средиземноморье. Общее количество землетрясений здесь меньше, чем в Тихоокеанском поясе, но количество жертв значительно выше за счет высокой плотности населения. География землетрясений весьма обширна, и даже в районе Северного моря время от времени фиксируются подземные бури. По самым скромным подсчетам только землетрясения XX века унесли более миллиона жизней, причинив астрономический ущерб.

Землетрясения разрушают дома и коммуникации, в результате чего вспыхивают пожары, довершающие разрушения. В прибрежных городах разрушениям от землетрясений добавляют цунами – гигантские волны, достигающие в высоту десятков метров. Скорость распространения цунами, зафиксированная при Чилийском землетрясении 22 мая 1960 г., составила 840 км/час. В список пострадавших городов входят Иерихон, Содом и Гоморра, Лиссабон, Токио, Иокогама, Калькутта, Сан-Франциско, Таншань, Ашхабад, Ташкент, Спитак, Нефтегорск.

Тщательные расследования в пострадавших городах, выявили, что чаще всего разрушаются старые постройки, возводившиеся без учета сейсмической активности района, новые постройки, укрепленные железобетонными конструкциями, как правило, выдерживали толчки. Кроме того, своевременное отключение газа и электричества предотвращало возникновение пожаров. Еще одна, характерная для бывшего СССР причина разрушения домов – некачественная кладка на тонком растворе, которая была и в Ташкенте, и в Спитаке, и в Нефтегорске.

Извержения вулканов сопровождаются лавовыми потоками и выбросами пепла. В истории известны случаи, когда под пеплом и лавой были погребены города: Помпея и Геркуланум. Зачастую извержения сопровождаются подземными толчками и выбросами ядовитых газов. Так, в 2001 г. при извержении вулкана на островах Вануату (Тихий океан) пепел и дым от вулкана уничтожили все посевы и загрязнили водоемы на соседнем острове Гаама, лишив население питьевой воды. При каждом извержении Этны улицы близлежащих городов покрываются толстым слоем пепла. В 2002 г. при извержении вулкана Ньирагонго (Африка) лава устремилась через город Гома к озеру Киви, разрезав его надвое, сметая на своем 45-километровом пути все деревни и села. Всего уничтожено 14 населенных пунктов.

Антропогенные изменения городской геологической среды
Появившийся как биологический вид *Homo sapiens* развивается по общим законам экологии. Однако природа человека ставит его по отношению к

миру живой природы в особое положение в связи с тем, что он активно влияет на среду обитания, приспособлявая ее к своим потребностям. При этом скорости преобразования вместе с развитием цивилизации возрастают, человеческая деятельность становится определяющим фактором развития экосистем, а в связи с ростом скоростей возможности адаптации живых организмов к изменяющейся среде обитания сокращаются, что ведет к гибели многих живых организмов и разрушению экосистем, делает человека "заложником" изменяемой им среды. Антропогенное влияние на литосферу помимо прямого воздействия – изменения поверхности, увеличение статической и динамической нагрузки (строительство дорог, зданий, тоннелей, развитие промышленности, сельского хозяйства и т.д.) оказывают влияние на изменение и активизацию природных ресурсов (изменение водного и теплового режима, просадки, провалы, оползни, суффозия и т.д., вплоть до активизации землетрясений).

Геологический процесс формирования **антропогенных отложений** (антропогенный литогенез) начался с появлением человека на Земле, которая служит средой обитания около миллиона лет.

На протяжении всей истории воздействие человека на окружающую природную среду постоянно возрастало. На современном этапе научно-технической революции эти воздействия на геосреду достигли планетарных масштабов. Антропогенный литогенез – процесс, связанный с видами жизнедеятельности человека: добычей полезных ископаемых, строительством, промышленным производством, селитебой (городские и сельские поселения), водным хозяйством, сельским хозяйством и др.

Под **антропогенными отложениями** понимается новый тип молодых геологических образований, связанных с инженерно-строительной и хозяйственной деятельностью человека, так называемое **накопление культурного слоя**: все разнообразие отложений, формирование которых связано с различными видами деятельности человека.

В связи с развитием горного дела, индустриализации, урбанизации, ростом крупных промышленно-городских агломераций усилился процесс накопления антропогенных образований. Ежегодно из недр Земли извлекаются огромные массы грунтов, которые перераспределяются на ее поверхности. Ежегодно накапливаются миллиарды тонн различных промышленных, хозяйственных и бытовых отходов. Только одного шлака за последнее десятилетие скопилось около 20 млрд. т.

Антропогенный литогенез по суммарному объему и скорости накопления отложений сопоставим с природными процессами, а по некоторым показателям превосходит их. Мощности антропогенных отложений в засыпанных шахтах достигают 500–800 м; терриконов в

Уэльсе – 300 м; в США (штат Флорида) – 100 м; в Донбассе, Кузбассе – 10–80–100 м, Караганде – 10–50 м, мощность грунтовых отвалов из карьеров – 100–150 м, хвостохранилищ – до 30–50 м и намывных грунтов – 2–8 м. Максимальные мощности культурного слоя в городах также весьма значительны: Одесса, Киев – 44 м, Баку – 40, Москва – 24, Воронеж – 20, Ташкент – 18, Волгоград – 17, Новгород – 14, Саратов – 12, Санкт-Петербург – 10, Лондон – 25, Сан-Франциско – 23, Париж – 20 м и т.д.

Огромное разнообразие антропогенных отложений именовалось раньше одним словом "насыпь". Позднее стали выделять "песчаную насыпь", "глинистую насыпь" и "свалки".

Особое место в антропогенных образованиях занимают централизованные и стихийные **свалки хозяйственно-бытовых отходов**, являющиеся локальными источниками загрязнения подземных вод. Учитывая массовость и стихийность возникновения несанкционированных свалок, для которых не проводились ни оценка геологического строения и защищенности грунтовых вод, ни инженерная подготовка территории, и отсыпка отходов производится с нарушениями регламента, можно отнести этот экологический фактор к региональным процессам, по крайней мере, вблизи больших городов.

Загрязнение грунтовых вод в зонах размещения стационарных (санкционированных) свалок характеризуются широким спектром загрязнителей, включающим весь список токсичных веществ СанПиНа. Ореолы загрязнения достигают значения километров, что чрезвычайно опасно для сельских поселений, расположенных ниже по потоку грунтовых вод от свалки и водоснабжающихся за счет колодцев.

Кроме минерального загрязнения, свалки характеризуются развитием процесса разложения органики, в результате чего продуцируется метан, скопление которого при концентрации свыше 5% является пожароопасным, а при 20% и более – взрывоопасным. Даже после вывоза загрязненного грунта и рекультивации свалки остается остаточное загрязнение, которое, ликвидируется за счет самоочистки в течение 20–30 лет.

Увеличение статической и динамической нагрузки в городах сопровождается уменьшением влажности и пористости грунтов, а также увеличением их объемного веса. Удельное давление от веса зданий, сооружений, насыпей и отвалов в современных городах колеблется от 0,1 до 10–20 кг/см² и более. Высотное здание МГУ возвышается на 180 м, и уплотнение пород под весом здания вызвало осадку поверхности земли под его центром в 4,7 см. Например, в Архангельске, где 80% территории сложено торфяниками, отдельные дома опустились на 1–3 м, а участки дорог – на 3–4 м. Особенно опасны для сооружений неравномерные осадки. Знаменитая Пизанская башня просела всего на 2 м, но разница

опускания основания между его северным и южным краями составила 1,8 м, что привело к отклонению башни от вертикального положения на 10°.

Динамические нагрузки (вибрации, удары и толчки) уплотняют рыхлые грунты. В Москве здания, расположенные вдоль улиц с интенсивным движением транспорта, осели в среднем на 3–8 мм больше, чем находящиеся в переулках и тупиках. Среди зданий в зоне вибрационного влияния метро есть такие, которые подверглись дополнительной осадке на 5–20 см.

Уплотнение грунтов при обезвоживании их корнями деревьев происходит в городах там, где распространены глины. В результате обезвоженные грунты уплотняются, происходит их неравномерное оседание, а это вызывает деформацию расположенных на них уличных покрытий и даже зданий (Горшков, 1998).

Геоэкологические процессы, в виде сдвижения горных пород в массиве называют нисходящие движения участков земной поверхности над горными выработками с образованием проседания и провалов. В городах, расположенных на подрабатываемых территориях, это явление наносит большой материальный ущерб, так как приводит к разрушению дорог, мостов, каналов, зданий, подземных магистралей и др.

Такие явления имеют место в Кривом Роге, Караганде, Прокопьевске, Осинниках, Ленинск-Кузнецке, Донецке, Горловке, Кадиевке, Макеевке и др. (Мягков, 1995).

Выветривание и другие процессы разрушения. Выпадающие на городскую территорию осадки обладают повышенной агрессивностью (растворы ряда кислот, солей, органических веществ с примесью мелких твердых частиц). Резкие гидротермические колебания и прямое воздействие ингредиентов городской атмосферы создают благоприятную обстановку для разрушения искусственных материалов городских объектов (пример, городские архитектурные памятники):

- коррозия в результате ударов твердых частиц,
- накопление и переотложение твердых частиц,
- прямое химическое разрушение,
- электрохимическая коррозия.

Эоловые процессы. В городах ветер поднимает значительное количество пыли со всех поверхностей (дымовые трубы, вытяжные устройства, транспорт и т.д.), не защищенных растительностью, в результате чего концентрация примесей в воздухе в среднем всегда на 2–3 порядка выше, чем в воздухе сельской местности. Особенно велика аккумуляция в городах эоловой пыли там, где ведется карьерная разработка полезных ископаемых.

Поверхностный смыв. Годовой сток с городских территорий обычно больше, чем в естественных условиях. Этому способствует преимущественная оголенность городского рельефа, разреженность растительного покрова озелененных участков. Этот смыв активизирует **овражную эрозию** в городах с увеличением водности временных водотоков за счет утечек из водопроводной сети и каналов ливневого стока.

Оползни – скользящее смещение масс пород природного склона или искусственного откоса под влиянием силы тяжести.

Тело оползня представляет собой сползающую по склону массу породы, ограниченную снизу поверхностью скольжения. По форме, объему, типу, скорости движения и другим признакам оползни очень разнообразны. Скорость движения – от миллиметров в неделю до десятков километров в час. Провоцирование оползневых процессов в городах происходит под воздействием ряда факторов:

- 1) подрезка склонов;
- 2) дополнительная нагрузка на неустойчивые массивы пород;
- 3) их обводнение;
- 4) динамические нагрузки.

Сели – водные потоки, насыщенные твердым материалом. Формируются чаще всего во время ливневых осадков и снеготаяния в холмистых или горных районах при наличии большого количества рыхлого, выветренного материала. Образование селей часто провоцируется наличием техногенных отложений.

Освоение и использование подземного пространства городов связано с проблемой эффективного использования свободной городской территории, особенное значение эта проблема приобретает в крупных городах при создании наиболее компактных городских структур. Городская застройка на поверхности земли приводит к неоправданному разрастанию городов вширь, порождает транспортные, трудовые, хозяйственно-бытовые и другие неудобства для населения. К тому же существует большая группа зданий и сооружений, которые по своему функциональному назначению могут быть успешно размещены в подземном пространстве.

Строительство подземных сооружений вызывает в большинстве случаев значительное изменение природных инженерно-геологических и гидрогеологических условий.

Процесс производства подземных строительных работ сопровождается выемкой пород, нарушением их природного напряженного состояния. При этом формируется комплекс новых геодинамических процессов и явлений, приводящих, как правило, к значительному ухудшению строительных свойств пород, что вызывает

необходимость выполнения специальных предупредительных мероприятий (техническая мелиорация, устройство шпунтовых ограждений, крепежных приспособлений и т.д.).

Особую опасность при осуществлении подземного строительства представляют отступления от технологии работ, внезапные прорывы воды, плывунов и газов, приводящие к возникновению аварийных ситуаций.

5.2 Города и гидросфера

Для нормальной жизнедеятельности современного человека достаточно 300–400 л воды в сутки, т.е. в тысячу раз меньше, чем за это же время реки уносят в океан (1 млн км³). Однако развитие промышленности орошаемого земледелия, энергетики привело к тому, что в действительности используется значительно большая часть устойчивого речного стока. Ситуация осложняется еще и тем, что водные ресурсы распределены по территории крайне неравномерно.

Взаимодействие гидросферы и городских структур в современных условиях характеризуют *следующие основные особенности*. Концентрация антропогенных нагрузок на водный бассейн вследствие больших размеров городских агломераций, сосредоточения в них вредных в санитарном отношении отраслей промышленности, гигантских объемов поверхностного (ливневого) стока с урбанизированных территорий, многообразия водопользования очень велика.

Поверхностный сток с городских территорий составляет 10–15% от хозяйственно-бытовых стоков. Этот вид сточных вод особенно загрязнен, поскольку содержит и загрязнения, вымываемые из атмосферного воздуха. В качестве наиболее общего критерия загрязнения воды выступает величина биологической потребности воды в кислороде (БПК_в, или БПК_{полн}), т.е. количество кислорода в мг, необходимое для окисления органических загрязнений в 1 л воды. Чем выше БПК, тем более загрязнена вода. Водоем можно считать практически чистым, если БПК воды в нем не превышает 5–6 г/м³. БПК_{полн} поверхностного стока городов составляет, как правило, не менее 30–40 мг/л, а в некоторых случаях в весеннее время значительно превышает 100–200 мг/л.

Большую опасность во все времена представляло *бактериальное загрязнение* поверхностных вод, приводившее к вспышкам массовых эпидемий брюшного тифа и холеры еще в середине прошлого века. Отдельные отголоски той эпохи дают о себе знать и по сей день. Прогресс санитарной гигиены и инженерии в городах выдвинул на первое место промышленные загрязнения водного бассейна. В отличие от коммунально-бытовых стоков, характеризующихся известным постоянством состава в

производственных стоках с каждым годом увеличивается набор биологически неразложимых веществ, среди которых есть 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.

Воздействие городов на гидросферу множественно как по характеру антропогенного пресса, так и по месту. В любой системе расселения городской агломерации существуют сотни источников загрязнения водного бассейна, что в значительной степени осложняет общую картину.

Значительная подвижность водной среды способствует переносу загрязнений на значительные расстояния, а каскадное загрязнение того или иного водного бассейна способствует сохранению высоких уровней загрязнения рек в пределах систем расселения.

И, наконец, по мере роста и концентрации интенсивности антропогенных воздействий на водный бассейн резко возрастают обратные реакции гидросферы. Это проявляется, прежде всего, в резком снижении качества поверхностных, а в ряде случаев и подземных вод. Причем, утрата качества происходит не всегда постепенно, этот процесс может развиваться скачкообразно (например, эвтрофикация бессточных водоемов, просадки земли в результате чрезмерного отбора подземных вод и т.д.).

Наиболее массивным и опасным для *гидросферы* является ее загрязнение сточными водами. В составе сточных вод большинства городских агломераций, крупных городов преобладают стоки промышленных предприятий (70–80% всех стоков). В перспективе можно ожидать значительного снижения доли промышленных стоков за счет некоторого роста хозяйственно-бытового водопотребления и существенного сокращения потребления воды на производственные нужды.

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.

Положение не было бы столь острым, если бы не происходило увеличение объемов загрязненных водотоков и водоемов *сточными водами* по мере роста населения, стремительной урбанизации и развития промышленности и сельского хозяйства. Объем загрязненных вод на земном шаре превышает в настоящее время 5000 км³ в год, что составляет 20% годового речного стока (в ФРГ загрязнена половина поверхностных вод, в США – более одной трети, критические уровни загрязнения водных

бассейнов отмечаются в Англии, Нидерландах, Бельгии, Японии, в некоторых районах Франции и Швеции).

Большую опасность представляет *загрязнение* подземных водоносных горизонтов вследствие фильтрации воды, содержащей токсичные вещества в основном в местах размещения городских свалок, скотомогильников, а также из-за практикуемой еще, к сожалению, закачки промышленных сточных вод в подземные пласты. Опасность загрязнения подземных вод весьма серьезна, если принять во внимание их большое значение для хозяйственно-питьевого водоснабжения и весьма низкую регенеративную способность.

Загрязнение поверхностных и подземных вод наносит большой ущерб экономике многих стран как вследствие потерь в рыбном хозяйстве, непомерно высоких расходов на водоподготовку, более активной коррозии металлических частей подводных конструкций и гидравлических агрегатов, так и вследствие повышенной заболеваемости населения, пользующегося водой недостаточно высокого качества.

В настоящее время в мире используется не более 10% пресной воды. Тем не менее, острота водной проблемы ощущается повсеместно. Через 50–70 лет для разбавления загрязнений, которые к тому времени будут выбрасываться в реки и озера, потребуется не менее половины стока рек всего земного шара. Если учесть, что для окончательного обезвреживания даже коммунально-бытовых сточных вод после очистки необходимо 5–10-кратное их разбавление, нетрудно понять чрезвычайную остроту водной проблемы уже в сравнительно недалеком будущем.

Влияние градостроительства на количественные и качественные характеристики природных вод определяется в первую очередь забором воды на производственные и коммунально-бытовые нужды, сбросом промышленных стоков, спуском хозяйственно-бытовых сточных вод, а также загрязнением водного бассейна ливневыми сточными водами. Все эти факторы непосредственно зависят от численности населения системы расселения или отдельного города застроенной площади, развития водоемких отраслей промышленности, объемов водопотребления и т.д.

Загрязнение подземных вод происходит, как правило, в значительно меньших масштабах (за исключением тех случаев, когда в подземные горизонты закачиваются сточные воды промышленных предприятий). Однако и способность к самоочищению у подземных вод значительно ниже. Главными источниками загрязнения подземных вод в пределах городов и городских агломераций 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. *Зона влияния крупных свалок* на подземные воды – не менее 3–5 км. Отмечается и

прогрессирующее загрязнение почвенного покрова и подпочвенных горизонтов нефтью и нефтепродуктами. Углеводородные загрязнения в концентрации 1:1000 000 могут сделать воду непригодной для питья. Нефть также закупоривает поры фильтрационного пояса почв, такое загрязнение может держаться в зоне грунтового водосбора несколько десятилетий.

Огромное влияние оказывает антропогенная деятельность на состояние подземной гидросферы. Сюда относятся непреднамеренное или преднамеренное изменение запасов подземных вод, нарушения режима подземных вод в результате перераспределения поверхностного стока, подпора за счет сокращения площадей живого тока, загрязнения подземных вод и т.д.

Резкое увеличение отбора **подземных вод** во многих странах мира пришлось на 50–80-е годы прошлого века и привело к существенному **истощению** и изменению гидрогеологических условий и других компонентов окружающей среды. На больших площадях отмечалось прекращение самоизлива из скважин, падение уровней и напоров эксплуатируемых горизонтов, изменения качества воды вызваны либо подсосом соленых подземных вод, либо интрузией морских вод в эксплуатируемые горизонты.

В районах интенсивной эксплуатации подземных вод наблюдалось развитие таких экологических факторов, как изменение поверхностного стока, просадка земной поверхности, изменение ландшафтных условий.

Известны случаи, когда истощение запасов происходило в результате строительства водохранилищ, при этом наблюдалось ухудшение качества воды за счет подсоса соленых подземных вод со склонов и из более глубоких горизонтов.

Подземные воды для многих стран являются основным источником водоснабжения (табл. 5.2.).

Для РФ доля поверхностных вод в хозяйственно-бытовом водоснабжении достигает 70%, и более 60% городов снабжается в основном за счет этих вод. Для США доля подземных вод составляет ~20%, и используются эти воды в основном для сельского хозяйства. Города почти целиком снабжаются за счет поверхностных вод.

Загрязнение подземных вод в настоящее время носит, в основном, локальный характер, но проявляется практически повсеместно и поэтому должно рассматриваться как региональное явление. При этом, как отмечают многие специалисты, угроза загрязнения подземных вод представляет во много раз большую опасность, чем угроза физической нехватки воды.

Загрязнение подземных вод связано с загрязнением окружающей природной среды и степенью их защиты от загрязнения с поверхности.

Грунтовые воды (первый от поверхности водоносный горизонт), как правило, не защищены от загрязнения, и на сельскохозяйственных угодьях загрязнены нитратами, нитритами, пестицидами и т.д. и характеризуются повышенной по отношению к фоновой минерализацией.

Таблица 5.2

Использование подземных вод в хозяйственных целях

Страны	Использование подземных вод, км ³ /год		Доля подземных вод в питьевом водоснабжении, %
	для всех целей	для питьевого водоснабжения (коммунальное водоснабжение)	
ФРГ	6,24	2,08	67
Бельгия	0,57	0,39	76
Дания	0,70	0,32	98
Франция	5,00	2,00	50
Ирландия	0,13	0,01	47
Италия	9,95	2,51	36
Люксембург	0,03	0,02	64
Нидерланды	1,13	0,43	63
Великобритания	2,50	1,31	32
Итого:	26,25	9,07	
Среднее	-	-	56

На селитебных землях, в условиях городов они загрязнены хлором, тяжелыми металлами и т.д., и минерализация здесь достигает 2–3 г/л.

На площадях размещения промышленных предприятий характер загрязненности грунтовых вод определяется характером производственного цикла, а минерализация на отдельных площадях достигает значения 80 г/л.

Территории, на которых грунтовые воды находятся *ближе чем 3 м к поверхности*, т.е. достигают глубин расположения большинства подземных коммуникаций, подвалов зданий и сооружений, называются *подтопленными*.

Ввиду большого разнообразия природных условий городов процессы подтопления могут привести к образованию техногенного водоносного горизонта.

Среди главных причин подтопления может быть создание водохранилищ, значительные утечки воды из городской сети и даже избыточный полив улиц, газонов и бульваров, а также перераспределение снега и его таяние в местах скопления.

Подтопление может иметь весьма опасные последствия. Провалы и просадки, развивающиеся при этом, приводят к разрушению зданий и разрыву коммуникаций. Повышение влажности глинистых грунтов, обладающих способностью к набуханию, вызывает увеличение их объема, а это часто приводит к неравномерному выпучиванию конструкций и их повреждению.

Развитие промышленности, коммунального хозяйства привело к тому, что загрязненность естественных водотоков в пределах систем расселения, городских агломераций отдельных городов повысилась в десятки раз, содержание органических остатков возросло на 400–500% от естественного фона, в 8–10 раз возрастает содержание биогенного азота и фосфора, что ведет к эвтрофикации водоемов и резкому повышению их БПК. В перспективе считают, что состав хозяйственно-бытовых стоков сильно не изменится, возрастет лишь содержание фосфора за счет все большего применения детергентов.

Взаимосвязи расселения с гидросферой в большей степени определяются способностью последней к *самоочищению*. Самоочищение – естественный процесс, действовавший в гидросфере еще до того, как появились люди. Это сложный процесс биологического обмена веществ, при котором действуют многообразные физические (адсорбция, коагуляция, дисперсия или седиментация веществ), химические (окисление, восстановление и превращение вещества) и биологические процессы. Большинство этих процессов связано с деятельностью микроорганизмов и их ферментных систем, в частности, в качестве катализаторов химических реакций активно выступает живое вещество.

Учитывать процессы самоочищения воды важно не только из экономических соображений, но также и из общеэкологических, поскольку активный процесс самоочищения свидетельствует о росте потребления кислорода и физической аэрации водоема, а, следовательно, и о его высокой жизнеспособности.

Неглубокие реки с бурным течением имеют высокую самоочищающуюся способность. Турбулентный режим течения таких рек способствует разбавлению размерных примесей, а процесс турбулентной диффузии активизирует окислительные реакции. 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 среднем водоем можно считать биологически загрязненным, если концентрация биомассы в воде

превышает 10 мг/л. Устойчивое загрязнение водоема (как биологическое, так и химическое) свидетельствует о том, что система его самоочищения нарушена, угнетена и не справляется с последствиями эвтрофикации или техногенного отравления. В этих случаях на помощь должны прийти методы искусственной очистки водоемов.

Опасность для гидросферы от трубопроводного транспорта определяется скрытыми нарушениями трубопроводов и значительными утечками из них нефтепродуктов (особенно в местах пересечения трубопроводами водных преград). Кроме того, строительство трубопроводов сопряжено с высокой концентрацией машин и механизмов, работа которых в сравнительно узкой полосе отвода небезопасна в экологическом отношении.

Наиболее известными искусственными соединениями, полученными человеком и применяющимися в сельском хозяйстве, являются пестициды, число которых достигает около полумиллиона и каждый год возрастает примерно на 50 тысяч. Большинство из таких соединений не известны в природе и, 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 эвтрофикации водоемов, приводящей их к так называемому "вторичному загрязнению" в связи со все большей *химизацией сельского хозяйства и промышленности*. 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.

Важный фактор воздействия на гидросферу – *энергетика*. Работа ГЭС связана с потреблением чрезвычайно больших объемов воды, используемой для охлаждения оборудования, подпитки запасов циркуляционной воды (потери на испарение и фильтрацию), гидротранспортировки золы и шлака.

Технологические воды ГЭС после их использования в процессе производства электроэнергии являются существенным фактором воздействия на окружающую среду, в первую очередь на естественные водоемы. Сброс таких вод без необходимой обработки приводит к опасному загрязнению водных объектов, а также к изменению их теплового режима. Сбросные воды содержат продукты сгорания топлива, остатки нефтепродуктов, кислоты, соли, органические соединения и другие вещества, вызывающие негативные изменения в водной среде. Водное хозяйство энергетики функционирует в целом аналогично водному хозяйству водоемких отраслей промышленности.

Существенный вклад в загрязнение гидросферы вносит и транспорт, среди видов которого первое место в этом отношении принадлежит автомобилям. Процесс загрязнения поверхностных и подземных вод автотранспортом происходит преимущественно посредством воздействия ливневого стока с городских территорий, загрязненного нефтепродуктами, маслами, резиновой и асфальтовой пылью, металлическими микроэлементами (всего около 130 ингредиентов). Риск ухудшения качества подземных вод вследствие работы транспорта может быть постоянным (утечка топлива и смазочных масел, рассыпка или разлив перевезенных опасных грузов, загрязнение продуктами износа покрытия дорог и колес транспортных средств, воздействие химических веществ, применяемых в зимнее время на дорогах, и др.) и единовременным, вызываемым транспортными авариями и стихийными бедствиями. Потенциальным источником загрязнения подземных вод и почв являются автозаправочные станции. Загрязнение происходит в результате просачивания бензина и других нефтепродуктов из емкостей и трубопроводов вследствие коррозии, механических повреждений, разлива при заправке автомобилей и других причин.

В загрязнении атмосферы участвует и железнодорожный транспорт (мойка оборудования, подвижного состава и его узлов в процессе эксплуатации и ремонта). В загрязненных водах содержатся нефтепродукты, щелочи, моющие средства, фенолы, соли тяжелых металлов, удобрения, ядохимикаты и многие другие органические и неорганические вещества.

Загрязнение гидросферы воздушным транспортом происходит в основном из-за утечки жидкого топлива при заправке самолетов, а также при неправильной его перевозке и нарушениях хранения. При взлете и посадке самолетов в атмосферу выделяется определенное количество жидких и газообразных продуктов сгорания топлива, которые осаждаются вблизи взлетной полосы. Углеводороды обладают способностью проникать на значительную глубину. В трещиноватых породах авиационный керосин за 5 месяцев проникает на глубину более 700 м.

Водный транспорт загрязняет водотоки и водоемы углеводородами, смазочными маслами, балластными водами (при промывке танкеров и сухогрузов), хозяйственно-фекальными стоками. Скоростные суда наносят большой вред водной флоре и фауне (физические повреждения, большая энергия волны, разрушающей придонную и прибрежную растительность и т.д.).

В последнее время угроза загрязнения нависла и над морями. Акватории крупнейших городов – морских портов превращены в мертвые морские поля (Токийская бухта, устье Рейна, Шельды, Сены и других рек), покрыты пленкой нефти.

5.3 Города и атмосфера

Антропогенное воздействие на атмосферу определяют в основном два процесса – извлечение и использование составляющих ее газов, а также внесение в нее веществ, не свойственных ее естественному состоянию. Все это существенно нарушает не только физическую и химическую структуру атмосферы, но, что самое главное, изменяет в худшую сторону ее экологические свойства.

Современное человечество использует в промышленных целях ничтожную часть азота и других газов атмосферы. Но этого нельзя сказать о кислороде. Для поддержания жизни человека как биологического вида ежегодно достаточно примерно 800 млн т кислорода, т.е. в 25–30 раз меньше, чем накапливается за это время в атмосфере. Однако огромные масштабы промышленного производства энергетики, развития транспортных средств привели к тому, что в настоящее время ежегодно "сжигается" не менее 10–12 млрд т этого газа, т.е. почти на порядок больше того количества, которое поступает в течение года в воздушный океан. В перспективе ежегодное потребление кислорода увеличится на 10%, следовательно, к 2020 г. исчезнет около 0,77% его количества, а через 100–150 лет газовый состав атмосферы заметно изменится, а содержание в ней кислорода понизится до величин, опасных для жизни.

Проблема сохранения газового баланса атмосферы весьма важна, и человечество, вероятно, найдет способы в самом недалеком будущем, чтобы осуществить принципиально иные технологические и энергетические процессы, не требующие столь больших затрат атмосферного кислорода (использование термоядерной энергии, энергии солнца ветра и т.д.). Возможно, за это время будут найдены и другие, более "экологичные" источники энергии.

Человечество издавна использовало атмосферу не только как среду, исключительно важную для обеспечения многих его биологических потребностей, но и как своеобразную свалку, куда выбрасывало вначале с дымом костров, затем каминов и печей, а в индустриальную эпоху мощных энергетических топок и устройств, а также химических установок ненужные отходы своей деятельности.

Атмосфера загрязнялась и до человека. Естественное загрязнение происходит и сейчас в основном от извержения вулканов, лесных пожаров, пыльных бурь и других явлений природы. Так, катастрофическое извержение вулкана Кракатау на острове Ява в 1883 г. повлекло за собой выброс на высоту до 20 км почти 75 млн м³ твердых мельчайших частиц вулканического пепла, результаты которого ощущались на протяжении нескольких лет.

Фоновое естественное загрязнение атмосферы в индустриальную эпоху значительно усилилось антропогенными загрязнениями, в том числе несвойственными для естественного состояния атмосферы. И этот процесс, развивающийся год от года, является предметом особой тревоги гигиенистов, экологов и градостроителей. Главными антропогенными загрязнениями атмосферы являются диоксид углерода, аэрозоли, сернистые и угарные газы, оксиды азота, тяжелые металлы и т.д. Особую опасность в глобальном плане представляет загрязнение атмосферы соединениями азота и все большее насыщение ее углекислым газом.

Оксиды азота (от автотранспорта, энергетических установок, реактивных самолетов и космических ракет, некоторых пестицидов, применяющихся в сельском хозяйстве, а также от увеличивающихся холодильных фреоновых установок) разрушают озоновый экран, предохраняющий поверхность земли от губительных космических лучей. Уменьшение активной способности озонового экрана поглощать излучения даже на несколько процентов грозит значительным увеличением заболеваний раком кожи у людей, а более серьезное его разрушение, возможно, и другими отрицательными биологическими последствиями, в том числе и генетического характера.

Ежегодно в атмосферу выбрасывается до 20 млрд т углекислого газа техногенного происхождения. Зеленый покров планеты не в состоянии использовать это количество CO_2 в процессе фотосинтеза и за последние несколько десятилетий его содержание в атмосфере увеличилось на 12%. При дальнейшем увеличении масштабов сжигания минерального топлива через 150–200 лет дальнейшее увеличение концентрации CO_2 в воздухе может привести к так называемому эффекту парника, т.е. дополнительному разогреву зеленой поверхности на 3–5°C в результате того, что углекислый газ влияет на поглощение длинноволнового излучения. Это может привести к резкому потеплению климата на Земле, таянию полярных льдов и повышению уровня мирового океана на 70 м. Правда, существует мнение и о том, что увеличивающаяся запыленность атмосферы сможет "уравновесить" парниковый эффект за счет значительного помутнения верхних слоев тропосферы, что затруднит проникновение части длинноволнового излучения к поверхности Земли.

Другие загрязнения атмосферы, имея более локальный характер в силу своей массовости, большой токсичности, способности образовывать несвойственные биосфере соединения, интенсивно воздействуют на живые искусственные элементы географической среды уже теперь.

Проблема усложняется еще и тем, что антропогенные загрязнения атмосферы в отличие от природных концентрируются на сравнительно небольших участках земной 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. 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 народнохозяйственного профиля.

В России в атмосферу ежегодно поступает не менее 3 млрд углекислого газа и более 50–60 млн т других загрязняющих веществ. В воздухе более чем 60 городов (с общим населением, превышающим 40 млн чел.) содержание окислов азота, серы, углеводородов, пыли и других вредных для здоровья человека веществ превышает предельно допустимые нормы в несколько раз. Особо неблагоприятная ситуация в этом отношении сложилась в Ангарске, Норильске, Братске, Волгограде, Омске, Нижнем Новгороде, Челябинске, Кемерове, Нижнем Тагиле, Стерлитамаке и других городах.

При современном уровне развития техники и технологии полностью избежать поступления в атмосферу загрязняющих веществ практически невозможно. Поэтому состояние воздушного бассейна оценивается уровнем концентрации этих веществ, т.е. содержанием их в единице объема или массы. Соответственно этому разработаны специальные нормы – предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздушном бассейне окиси углерода, соединений серы, окислов азота, углеводородов, соединений хлора, других загрязнений.

В загрязнение воздушного бассейна городов свой "вклад" вносят многие источники, однако основная роль принадлежит энергетике (в первую очередь теплоэлектростанциям), наименее благополучным в гигиеническом отношении отраслям промышленности (металлургической, химической, нефтехимической) и автомобильному транспорту. Сложность отраслевой структуры промышленности, характер технологических процессов в отдельных производствах, повсеместное развитие энергетики и транспорта приводят к "наложению" выбросов в воздушный бассейн от различных источников загрязнения во времени и пространстве, что создает особую экологическую напряженность в пределах городов и других урбанистических образований.

Одним из серьезных загрязнителей воздушного бассейна является **черная металлургия**. В выбросах этой отрасли содержатся обычные (продукты первичной переработки руды) и тонкие (образовавшиеся в доменных, мартеновских, электродуговых печах и конверторах) пыли, окислы углерода, выделяющихся в процессе литья чугуна и плавки стали, сернистый ангидрид, образующийся при сжигании топлива. Загрязнения

обычно намного превышают ПДК и распространяются на большие расстояния.

Коксохимическое производство загрязняет атмосферный воздух пылью и летучими соединениями. При работе коксовых батарей, особенно в случае нарушения режима производственного процесса, в атмосферу выбрасывается неочищенный коксовый газ, фенол, сероводород нафталин, бензол. В районах, примыкающих к предприятиям черной металлургии, содержание канцерогенов в 7–8 раз выше, чем в районах, расположенных за пределами зоны влияния таких предприятий.

Химическая промышленность, очень сложная по внутриотраслевой структуре, характеризуется большим разнообразием выбросов. Здесь для предприятий характерны изотермические выбросы, температура которых мало отличается от температуры окружающей среды. Это обстоятельство способствует скоплению вредных веществ вблизи источников выбросов. Спектр выбросов чрезвычайно широк. Сернокислотное производство – это в первую очередь соединения серы и главным образом сернистый ангидрид. Заводы азотных удобрений за сутки выбрасывают 5–12 т окислов азота и азотной кислоты, концентрация которых в воздухе на расстоянии 0,5 км от предприятия может составить 1,3–1,5 мг/м³. Хлор и его соединения поступают в воздушный бассейн с выбросами предприятий по производству гербицидов, инсектицидов, соды, суперфосфата, соляной и уксусной кислот, органических красителей. Предприятиями по производству фосфорных удобрений, эмалей выбрасывается фтор и его соединения. Заводы синтетического каучука выбрасывают такие вещества, как стирол, толуол, ацетон, изопрен, содовые заводы – аммиак, фосфорный ангидрид, серный газ, окислы азота.

К массовым выбросам **нефтеперерабатывающих заводов** относятся окись углерода, сернистый газ, окислы азота, сероводород, углеводороды, фенол, аммиак. Объем выбросов окиси углерода нефтеперерабатывающего завода мощностью 12 млн т сырой нефти в год достигает 220 тыс. т. Превышение ПДК по этому газу может обнаруживаться на расстоянии 20 км от предприятия.

В городах-центрах химической промышленности экономическая ситуация особенно острая. Наиболее опасная обстановка создается в случае аварий на химических предприятиях. Примерами наиболее крупных аварий за последние 10–20 лет в зарубежных странах могут служить взрыв на химическом заводе в Севезо, пригороде Милана (Италия) в 1978 г. и катастрофа в г. Бхопале (Индия) в 1984 г., который имел особенно тяжелые последствия. Распространение газового облака, содержавшего выбросы метилизоцианата, привело к гибели более 5 тыс. человек и серьезному нарушению здоровья (потере зрения, депрессивным состояниям и т.д.) у более чем 200 тыс. жителей города.

На **предприятиях машиностроения** наибольшее загрязнение наблюдается в районе литейных и окрасочных цехов. Источники загрязнения, состояние воздушной среды, высота труб и температура пылегазовоздушной смеси литейных цехов аналогичны предприятиям черной металлургии, а в гальванических и окрасочных цехах – подобны соответствующим цехам химической промышленности. Воздушный бассейн вокруг машиностроительных заводов, как правило, загрязнен в радиусе 1–2 км.

Предприятие по производству строительных материалов характеризуется большим разнообразием выбросов, как по объему, так и по их составу. Максимальные выбросы пыли на 1 т выпускаемой продукции наблюдаются при производстве извести (около 200 кг) и строительного гипса (140 кг). В атмосферу с отходящими газами поступают и другие вредные вещества: окислы серы, углерода и азота, углеводороды.

Предприятия легкой промышленности становятся все более существенными источниками загрязнения воздушного бассейна. Химизация производства, внедрение клеевых способов крепления деталей придают этим предприятиям черты химических производств. На обувных фабриках, которые, как правило, размещены в жилых районах, выделяется кожевенная пыль, аэрозоли красителей, аммиак, ацетон, этилацетат, сероводород. Выбросы текстильной промышленности содержат окись углерода, сульфиды, сажу, серную и борную кислоты, смолы, летучие вещества, большое количество пыли. Воздушный бассейн городов загрязняется и на первый взгляд такой безвредной отраслью промышленности, как пищевая, включающей большое число подотраслей.

Главную роль среди **энергетических объектов** играют тепловые электростанции (ТЭС). Основные загрязняющие вещества здесь сера и ее соединения, окислы углерода и азота. На ТЭС приходится почти 30% в общем объеме выбросов окислов азота (доля автотранспорта составляет 40%). Велики и выбросы пыли.

В мировом балансе загрязнения воздуха главное место в настоящее время принадлежит автотранспорту – 54%. В промышленно развитых странах до 70% загрязнений приходится на долю транспорта (автомобильного, железнодорожного, воздушного) и только 30% на долю промышленности. В США автотранспорт (более 150 млн автомобилей) является виновником 60% всех атмосферных загрязнений, 20% приходится на тепловые электростанции и 20% – на остальные источники. В *России доля загрязнений воздушного бассейна автотранспортом* намного меньше (в Москве до 70–80%). Но наблюдается определенная тенденция роста удельного веса загрязнений этого рода. Имеются данные, свидетельствующие о том, что при увеличении в городе числа автомобилей с 10 до 50 тыс. концентрация угарного газа возрастает в 2–4

раза. Вероятно, также интенсивно увеличиваются и другие загрязнения, наиболее опасными из которых являются окислы азота, соединения свинца и углеводороды, которые при значительной концентрации под влиянием солнечных лучей образуют фотохимический смог.

Газы автотранспорта выбрасываются в приземный слой атмосферы, что затрудняет их рассеивание. Наличие узких улиц и высоких зданий способствует накоплению вредных веществ отработавших газов автотранспорта в городском воздухе, причем в зоне дыхания пешеходов. В состав отработавших газов входит более 200 ингредиентов, но нормируются в настоящее время лишь немногие: окись углерода, углеводороды, окислы азота, дымность. Особое место в загрязнении атмосферного воздуха отработавшими газами автотранспорта занимают полициклические углеводороды и прежде всего 3,4-бензпирен, содержание которого вблизи транспортных магистралей в крупных городах превышает ПДК этого соединения в 10–12 раз, а внутри жилых кварталов в 2 раза.

При эксплуатации автомобильных дорог происходит образование дорожной пыли, содержащей канцерогенные соединения в результате износа дорожных покрытий и стирания автомобильных шин.

Неблагоприятное воздействие на воздушный бассейн городов оказывает и **железнодорожный транспорт**. Доля железнодорожного транспорта в загрязнении воздушного бассейна в России составляет 9,2% от всех транспортных выбросов (70% приходится на автомобили, 9,4% на тракторы и сельскохозяйственные машины, 7,3% на воздушный транспорт, 4,1% на речной и морской транспорт).

Сложные экологические проблемы порождает современный **авиационный транспорт** (особенно сверхзвуковой). По своей токсичности современный реактивный лайнер эквивалентен 7–8 тыс. автомобилей.

Ежегодно общее количество выбросов авиадвигателей оставляет 300–500 тыс. т. Вблизи крупных аэропортов объемы авиационных выбросов в год достигают окиси углерода 3 тыс. т, углеводородов – 2,5 тыс. т, окислов азота – 100 т.

Атмосфера – *самая подвижная среда биосферы*. Поэтому при соответствующих метеорологических условиях особенно мощные локальные очаги загрязнения (крупные города, промышленные районы) приобретают региональный характер. Так, влияние центральных промышленных районов Англии ощущается в Ирландии (за 300 км), нередки случаи выпадения в Швеции и Норвегии "черных дождей" вследствие переноса загрязненных масс воздуха из промышленных районов ФРГ, Бельгии и Северной Франции, через Северное и Балтийское моря, а вещества, загрязняющие атмосферу в Техасе, обнаруживаются в Цинциннати (штат Огайо), на расстоянии более чем 1600 км.

Человеческие поселения в настоящее время практически распространены по всей планете. Все урбанизированные районы, агломерации, города, сельские населенные пункты находятся на дне воздушного океана. Система расселения человечества в своем взаимодействии с атмосферой оказывает на последнюю все большее влияние, испытывая на себе ответные реакции.

На глобальном и континентальном уровнях главным образом проявляются последствия загрязнения атмосферы углекислым газом и газами, разрушающими озоновый слой (*изменение климата, "парниковый эффект", разрушения озонового экрана и изменение газового баланса*). Эти изменения ощущают на себе все люди, в какой бы точке планеты они не расселялись, независимо от того, являются ли их поселения причиной таких нарушений в атмосфере.

На макротерриториальном уровне (крупные регионы отдельных континентов, крупные страны и их большие регионы) вполне реальна миграция аэрозолей (серной кислоты и сульфатов), мелких частиц пыли и т.д. Поэтому отдельные населенные пункты и даже целые системы расселения испытывают на себе вредное влияние этих веществ, выброшенных в атмосферу на значительных расстояниях от них.

На мезотерриториальном уровне (малые страны, отдельные промышленные районы, городские агломерации и т.д.) при соответствующих метеорологических условиях вполне вероятно загрязнение данных территорий помимо перечисленных веществ пестицидами, солями тяжелых металлов и особенно сернистым газом, выбросы которого особенно велики в районах с развитой промышленностью.

На микротерриториальном уровне, т.е. в отдельных городах и других населенных местах к названным выше загрязнителям добавляются углеводороды, пыль, окислы азота и еще многие ядовитые вещества, миграция которых на более значительные расстояния затруднена их физическими и химическими особенностями.

Атмосфера не обладает способностью аккумулировать вредные вещества и с течением времени самоочищается. Малая часть загрязнений поднимается на высоту более 3 км. Особенно быстро выпадают крупные частицы пыли, время оборачиваемости которых не превышает двух недель. Аэрозоли удаляются из атмосферы путем прямого выпадения или же вымываются из нее осадками. Однако в большинстве промышленных районов, городских агломерациях и отдельных городах, где темпы выбросов в атмосферу приближаются к скорости их рассеивания и выпадения, возникают критические ситуации, которые, собственно, и определяют сложность проблем по очистке воздушного бассейна.

Степень загрязненности воздушного бассейна зависит от многих причин как естественных, так и антропогенных. Так, удаление городов и целых систем расселения от морских побережий, положение их в депрессивных районах (со штилями, вызывающими явления температурных инверсий, при которых прекращается или сильно ослабевает вертикальное перемещение воздушных масс в межгорных понижениях и т.п.) значительно увеличивают загрязненность воздуха, содержание в нем вредных газообразных веществ. Зимой загрязненность воздуха обычно бывает выше, чем летом. Особенно большое значение имеет народнохозяйственный профиль города, его величина, плотность населения и другие антропогенные факторы, о которых говорилось выше.

Вследствие суммарного воздействия природных и антропогенных факторов в городах, агломерациях и урбанизированных районах формируется особый метеорологический режим. В крупных городах температура в центре города обычно на 6–7⁰С выше, чем на периферии, а скорость ветра на 30–40% меньше, чем на открытых пространствах. Добавочный нагрев воздуха над городом приводит к образованию ветров, направление которых всегда бывает от периферийных к центральным районам. Скорость таких ветров достигает 2–4 м/сек в зависимости от разности температуры центральных и периферийных районов. Наиболее характерным проявлением микроклимата на урбанизированных территориях является образование над ними тепловой шапки, т.н. "острова тепла", имеющего куполообразную форму.

Вследствие образования "острова тепла" понижается относительная и абсолютная влажность, возникают восходящие конвективные движения над городами, уменьшается скорость ветра, увеличивается облачность и количество осадков, растет повторяемость туманов типа смогов, уменьшается солнечная радиация и т.д. Таким образом, тепловые шапки, образующиеся над городами и урбанизированными территориями, создают условия для еще большего загрязнения воздушного бассейна. Высота тепловой шапки над городом редко превышает 700 м. Ее размеры и мощность зависят от величины города, занимаемой им площади, плотности застройки, разности температур и влагосодержания воздуха. На очертание тепловой шапки в плане влияет ветровой режим. При ветре 10–15 м/с шапки может над городом и не быть. Так, например, ветер такой силы обеспечивает в течение суток более чем двадцатикратную сменяемость воздуха над таким крупным городом, как Нью-Йорк. Однако тепловая шапка превращается при этом в шлейф загрязнений, окутывающий пригородные населенные пункты, места отдыха, сельскохозяйственные угодья и т.д. Пелена дыма от такой шапки может распространяться на расстояние до 50–60 км.

Вопросы для самопроверки

1. *В чем особенности городских почв?*
2. *Как проявляется биологическая индикация химического загрязнения?*
3. *В чем заключаются геологические факторы городской экосистемы?*
4. *В чем проявляются основные геоэкологические процессы городской среды?*
5. *Какие факторы загрязняют гидросферу города?*
6. *В чем заключается особенности загрязнения атмосферы промышленным производством?*

6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРОДОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМ МИРОМ

6.1 Значение растительности в городе

Влияние городов распространяется не только на абиотические компоненты биосферы, но и на растительность и животный мир.

Значение живого вещества (биоты) в биосфере огромно и, безусловно, не соответствует тому сравнительно скромному объему, который это вещество в ней занимает. Особое значение в эволюции биосферы имеют зеленые автотрофные растения суши и океана, которые, поглощая под воздействием солнечного света углекислоту, воду, минеральные вещества, образуют углеводы (крахмал, глюкозу и т.д.).

Особенно большую роль в биосфере играет лесная растительность. Как компонент окружающей среды лес, тесно взаимодействуя с другими ее компонентами (водой, воздухом, почвой и др.), участвует в поддержании равновесия всей системы, играя активную роль в круговороте веществ в природе. Самый крупный планетарный аккумулятор живого вещества – лес – во многом определяет уровень углеродного и кислородного баланса планеты, влияет на биологический кругооборот ряда химических элементов. В среднем каждый 1% уменьшения лесистости в данном водосборном бассейне ведет к сокращению стока воды в реках на 2–2,5%, поэтому уничтожение лесов чревато резким обмелением и даже полным высыханием рек. Леса защищают почву от эрозии, суховеев, регулируют подземный сток, очищают воздух от загрязнений, насыщают его фитонцидами. 1 га соснового леса, например, поглощает за год 32 т пыли и обеспечивает дыхание 30 человек.

Высокая потребительская ценность леса привела к тому, что к настоящему времени 2/3 лесов планеты уничтожено. Этот пагубный процесс продолжается до сих пор. Экологическое значение лесов приносится в жертву сиюминутной выгоде. Ежегодно на планете уничтожается 11 млн га лесов. Вырублено 2/3 лесов Азии, более 1/2 – Африки, 1/3 лесов Латинской Америки. Прогноз этого губительного для природы процесса свидетельствует о том, что через 20–30 лет в Африке и Латинской Америке (в том числе в Амазонии – одном из основных районов воспроизводства кислорода в глобальном масштабе) леса будут полностью уничтожены.

Взаимосвязи города и растительности достаточно сложны. В целом известно, что город неблагоприятно влияет на растительность и в частности на лес, а растительность, напротив, во многом способствует формированию здоровой жизненной среды в городе. Задача "зеленой" политики состоит в том, чтобы уменьшить действие первой группы

факторов и максимально увеличить воздействие второй. Решить эти задачи призваны меры по охране растительности на урбанизированных территориях.

Наиболее пагубное влияние на растительность в пределах урбанизированных территорий оказывают три основных фактора: комплексное воздействие урбанизированной среды (преимущественно в пределах городской застройки), загрязненность воздушного 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 режима, вызванного физическими нагрузками и воздействием электромагнитного излучения, обеднением питательными веществами, загрязнением свинцом и другими веществами. В городах, особенно с континентальным климатом, нередко создаются условия, приближающиеся к условиям пустыни. 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, их надежной охраной.

Бурный территориальный рост городов приводит к тому, что все чаще участки леса включаются в городскую застройку. В принципе это прогрессивный прием, но механистически прибегать к нему нельзя, поскольку естественный лес очень трудно уживается с городом. Особенно это относится к хвойным породам, которые даже в крупных массивах чаще всего преждевременно отмирают. Так, пригород Хельсинки Тапиола построен в лесу среди гранитных скал и сосен, отмечается невысокой плотностью населения, благодаря чему естественная растительность в нем находится в благоприятных условиях. Более тридцати лет ведется наблюдение за состоянием насаждений в этом небольшом городе. Несмотря на строгую охрану естественных насаждений, и здесь отмечаются случаи отмирания сравнительно молодых еще деревьев как результат чрезмерно быстрого изменения человеком водного и воздушного режима почвы. Там же, где в непосредственной близости от леса дымят фабричные трубы, деградация и гибель деревьев наступают очень быстро.

В современном городе складывается специфическая и во многом неблагоприятная для жизнедеятельности человека экологическая обстановка.

Ее отличительными особенностями являются повышенное содержание атмосферных загрязнений, более резкие колебания температурного и радиационного режимов, наличие шума и вибраций разного рода и т.д.

В условиях увеличения техногенных нагрузок санитарно-гигиеническая роль крытых растительностью пространств города является мощным средством нейтрализации вредных последствий техногенного загрязнения для городского населения. Природные, озелененные территории, а также акватории влияют на микроклиматические характеристики городской среды, в том числе ветки задерживают тонны пыли, концентрируют в листьях тяжелые металлы, участвуют в формировании температурно-влажностных режимов, химического состава воздуха: биотрансформируют и рассеивают сотни тысячи тонн загрязняющих веществ, обогащают воздух кислородом. Они оказывают воздействие на скорость движения воздушных потоков, величину инсоляции поверхностей на уровне земли, зданий и сооружений, а также снижают шумовую нагрузку от автомобилей и других объектов, являются источниками эстетического восприятия и факторами благотворного психологического воздействия на человека.

6.2 Функции зеленых насаждений в городе

Зеленые насаждения являются органической частью планировочной структуры современного города и выполняют в нем разнообразные функции. Они разбиваются на две большие группы:

- а) санитарно-гигиенические;
- б) декоративно-планировочные.

6.2.1 Санитарно-гигиенические функции

Влияние на запыленность, загазованность и задымленность окружающей среды. Загрязненный воздушный поток, встречающий на своем пути зеленый массив, замедляется, в результате чего часть пыли оседает на поверхности листьев, хвои, веток, стволов и во время дождя смывается на землю. Распространение пыли сдерживается также газонами. Среди зеленых насаждений запыленность воздуха в 2–3 раза меньше, чем на открытых городских территориях. Небольшие городские сады снижают запыленность городского воздуха в летнее время на 30–40%. Пылезадерживающие свойства различных пород деревьев и кустарников

неодинаковы: опушенные или клейкие листья задерживают до 6 раз больше пыли, чем гладкие (табл. 6.1.).

Таблица 6.1

Пылеулавливающие свойства растений (*Жеребцова, Покалов, 1988*)

Растение	Суммарная площадь листовой поверхности, м ²	Общее количество осажденной пыли, кг
Деревья		
Айлант высокий	208	24
Робиния псевдоакация	86	4
Вяз перисто-ветвистый	66	18
Вяз шершавый	233	23
Гледичия трехколючковая	130	18
Клен полевой	171	20
Ива	157	38
Клен ясенелистный	224	33
Шелковица	112	31
Тополь канадский	267	34
Ясень зеленый	195	30
Ясень обыкновенный	124	27
Кустарники		
Акация желтая	3	0,2
Бересклет европейский	13	0,6
Бузина красная	8	0,4
Лох узколистный	23	2,0
Сирень обыкновенная	11	1,6
Спирея	6	0,4
Виноград пятилисточковый	3	0,1
Бирючина обыкновенная	8	0,3

Древесно-кустарниковые насаждения, поглощая из воздуха вредные газы и нейтрализуя их в тканях, способствуют сохранению газового баланса в атмосфере, биологическому очищению воздуха. На использовании газозащитных свойств насаждений основан принцип устройства санитарно-защитных зон. Эти свойства зеленых насаждений учитываются и при защите воздушного бассейна от выбросов транспорта (табл. 6.2.).

В градостроительных условиях, когда зеленый массив граничит с напряженной автомагистралью, наблюдаются следующие закономерности падения уровней загрязнения, которые в значительной мере зависят от полноты, структуры и ассортимента насаждений: при увеличении полноты (степени сомкнутости крон) с 0,6–0,7 до 0,9–1 газозащитная эффективность растительности возрастает с 20–26% до 30–40%. В густых насаждениях (полнота 0,9–1) на расстоянии 30–40 м от магистрали концентрация двуокиси азота снижается до санитарной нормы.

Таблица 6.2

Уровень снижения загрязнения воздушного бассейна в зависимости от характера зеленых насаждений (*Аналитический...*, 1996)

Структура защитной полосы	Ширина защитной полосы, м	Процент снижения уровня загрязнений	
		общий	в т.ч. за счет насаждений
Однорядная полоса деревьев	5	5-10	4-7
Однорядная полоса кустарников	5	7-10	5-7
Двухрядная посадка деревьев высотой 10-12 м с кустарником	10	10-30	8-20
Двухрядная посадка деревьев высотой 10-18 м	10	25-30	20-25
Четырехрядная посадка деревьев высотой 12-15 м с кустарником	25	35-45	25-30
Многорядная полоса древесно-кустарниковых насаждений при высоте 1 5-30 м при полноте (м):			
	0,5-0,6	30	40-45
	0,7-0,8	30	55-60
	0,8-1,0	30	70-75

Вредные газы в процессе транспирации поглощаются растениями, а твердые частицы аэрозолей оседают на листьях, стволах и ветвях растений. Посадки, расположенные поперек потока загрязненного воздуха, разбивают первоначальный концентрированный поток на различные направления. Таким образом, вредные выбросы разбавляются чистым воздухом, и их концентрация в воздухе уменьшается. Наиболее активно зеленые насаждения снижают содержание газов в воздухе в облиственном состоянии. Содержание окиси углерода после появления листвы уменьшается в 2–2,5 раза по сравнению с безлиственным периодом. Газозащитная роль зеленых насаждений во многом зависит от степени газоустойчивости пород. Часть поступающих в растение газов способна накапливаться и связываться в тканях растений. Действие древесной растительности на содержание вредных химических соединений в городском воздухе проявляется также в способности деревьев к окислению находящихся в городском воздухе паров бензина, керосина, ацетона и т.п. Кроме того, зеленые насаждения способны улавливать и содержащиеся в воздухе радиоактивные вещества. Листья и хвоя деревьев могут собирать до 50% радиоактивного йода. Поглощаются растениями и различные вещества, содержащиеся в почве, например, тяжелые металлы. Подсчитано, что растительность поглощает из воздуха и связывает 50–60%

токсичных газов, в то время как атмосферная влага – 5–20%, почва 5–10%, водоемы и животные – менее 5% (Фролов, 1998).

Зеленые насаждения могут защищать застройку от пыли и газов только в том случае, если они располагаются между источником загрязнения и застройкой.

Большое значение имеет эффективность протяженных элементов системы озеленения, которые в зависимости от градостроительных и природных условий, а также ассортимента и структуры насаждений могут выполнять разнообразные микроклиматические функции.

Влияние на влажность воздуха и ветровой режим. В районах городской застройки, лишенных насаждений, относительная влажность воздуха в среднем ниже на 15–18%, чем в пригородном лесу, на 11–12% – в городском парке и на 8–10% – на бульваре и в сквере. Благодаря большому испарению воды листьями зеленые насаждения увеличивают полезную для человека влажность вокруг себя до 30%. Влияние растительности на влажность воздуха распространяется на 20-кратную высоту дерева. Зеленые насаждения, изменяя скорость и направление ветровых потоков, создают горизонтальные потоки воздуха, способствующие проветриванию территории и рассеиванию вредных примесей. Практически на расстоянии до 40 м от периметра насаждений происходит затухание скорости ветра до 5% от первоначальной. Это расстояние зависит от плотности, характера, видового состава, возраста насаждений.

Влияние на тепловой режим. Посадки растений вдоль фасадов зданий уменьшает нагреваемость стен 20–30% (7–13⁰С). Выявлено, что в радиусе до 100 м вблизи зеленого массива температура воздуха на 1–1,5⁰С ниже, чем на удаленных от массива открытых местах. Это происходит вследствие повышенной циркуляции воздушных масс, тем самым улучшая микроклимат территории.

Влияние на акустический режим. Зеленые насаждения являются глушителями шума. Плотные, сомкнутые по вертикали насаждения снижают уровень шума на 15–18 дБА. При прохождении акустической энергии через растительность уровень шума понижается пропорционально биомассе. В среднем кроны деревьев поглощают до 25% падающей на них звуковой энергии и примерно 75% этой энергии отражают и рассеивают. Лучшими шумопоглощающими свойствами обладают многоярусные насаждения из нескольких древесных и кустарниковых пород. Для шумозащиты идеально подходят густые «непрозрачные» по вертикали полосы из нескольких рядов деревьев и кустарников. Высота деревьев должна быть не ниже 7 м. Усилить шумозащиту можно путем посадки дополнительных плотных рядов деревьев, кроны которых не должны смыкаться.

Обогащение атмосферы фитонцидами, ионизация окружающей среды. Растения повышают ионизацию атмосферы, обогащая ее фитонцидами (летучие вещества, убивающие вредные для человека болезнетворные бактерии) уменьшают ее бактериальную загрязненность. Наблюдения показали, что воздух парков содержит в 200 раз меньше бактерий, чем воздух улиц. Ионизация воздуха благотворно воздействует на человека. Содержание легких ионов в городских парках составляет 800–1200 тыс/см³, дворах – колодцах – 500 тыс., в закрытых помещениях – 25–100 тыс/см³.

Эстетическая ценность. Растения положительно воздействуют на психо-эмоциональную сферу человека. Парки, зеленые уголки, цветники помогают легче переносить стрессовые ситуации и приобрести устойчивость к ним.

6.2.2 Декоративно-планировочные функции

Зеленые насаждения могут иметь как самостоятельное значение (лесопарки, парки, городские сады), так и входить в структуру застройки города в качестве ее органического компонента (районные сады, скверы, бульвары, уличные насаждения, внутриквартальные насаждения). С помощью городских зеленых насаждений разного типа вносятся элементы природы в город, сохраняется связь человек с природой, обогащаются городские ландшафты.

Городские зеленые насаждения служат мощным средством индивидуализации отдельных районов и микрорайонов города. С их помощью можно преодолеть монотонность городской застройки, вызванной индустриальными методами жителя и применением типовых проектов.

Декоративно-планировочная роль зеленых насаждений проявляется уже при использовании небольших площадок зеленых насаждений, при уличных посадках, устройстве газонов, цветников. Сочетание зеленых насаждений с городской застройкой особенно эффективно, когда зеленые насаждения входят вглубь застройки, поддерживая ее композицию и декорируя неинтересные поверхности и сооружения. Огромная роль принадлежит зеленым насаждениям в решении проблемы организации отдыха городского населения.

Схематично организацию отдыха городского населения можно представить следующим образом:

а) система внутриквартального отдыха рассчитывается непосредственно на жителей квартала;

б) система отдыха среди городских зеленых насаждений общего пользования рассчитывается на жителей района или города. Она предусматривает сочетание кратковременного отдыха в скверах и бульварах с длительным отдыхом в садах и парках;

в) система отдыха на озелененных пригородных территориях рассчитана на организацию отдыха жителей города и пригородной зоны и предусматривает использование для этих целей крупных лесных массивов (лесов и парков).

Особое место занимают зеленые насаждения промышленных предприятий, больниц, учебных заведений и т.д. Организация отдыха в зеленых зонах данных объектов определяется спецификой каждого из них.

Таким образом, природные комплексы, озелененные территории городов и пригородных зон оказывают существенное влияние на все важнейшие показатели качества окружающей среды, имеют большое оздоровительное, средозащитное и средоформирующее значение. Они оказывают непосредственное или косвенное воздействие на снижение уровня загрязнения воздушного бассейна и почв примесями техногенного или естественного происхождения, повышая прозрачность атмосферы, приход солнечной радиации; регулируют в широких пределах основные климатические факторы (аэрационный, температурно-влажностный режим). Средозащитное и средоформирующее значение лесных экосистем выражается в охране водных ресурсов и регулировании гидрологических процессов; охране почв от водной и ветровой эрозии; продуцировании кислорода; охране биологических ресурсов. Особо следует выделить водоохранно-защитное значение пойменных лесов: их берегозащитную, почвозащитную, водоохранную, руслообразующую роль. Велика также эффективность природных комплексов и других озелененных территорий как мест обитания представителей животного мира, а также в выполнении ими планировочно-регулятивных, архитектурно-художественных и рекреационных функций.

6.3 Характеристика городской флоры

Неблагоприятное воздействие городской среды приводит к тому, что в городской экосистеме формируются специфические растительные сообщества со своеобразным видовым составом. При этом можно наблюдать два противоположенных процесса. С одной стороны, исчезают многие виды растений, свойственные условиям данного региона, с другой – появляются новые виды.

Итак, во флоре любого города можно найти *местные (аборигенные) виды* или **автохтонные** по происхождению, и виды **аллохтонные** (от *allos*

– чужой) т.е. попавшие на данную территорию из других областей земного шара. Сравнительно *недавно попавшие виды* стали называть **адвентивными**, или **пришлыми**. *Привнесенные виды* могут быть как *культурными*, так и *сорными*. Распространение адвентивных видов может вестись стихийно или сознательно. Целеустремленная деятельность человека по введению в культуру в данном естественноисторическом районе растений, ранее в нем не произраставших, или перенос их в культуру из местной флоры называется *интродукцией*.

Число адвентивных видов в городах очень велико. Доля адвентивных видов в городской флоре может достигать до 40%, особенно на свалках и железных дорогах. Например, в настоящее время в Москве и в области выявлено уже 370 адвентивных видов (Экополис-2000..., 2000). Порой они могут вести себя столь агрессивно, что вытесняют аборигенные виды. Большинство местных представителей исчезает из городской флоры уже при закладке городов. Им сложно акклиматизироваться в городе, так как новые условия местообитания не похожи на естественные. Установлено, что из сохранившихся местных видов обычно мало лесных, преобладают луговые и степные виды. Среди пришлых видов больше выходцев из южных регионов.

Экологический состав городской флоры также несколько отличается от зональной. Естественно, что лучше приживаются виды, приспособленные к *недостатку влаги (ксерофиты)* и *засоленности почв (галофиты)*.

Обогащение городской флоры частично идет и за счет одичания некоторых декоративных растений. Так, в подмосковных парках обнаружено 16 таких видов, которые оказались очень устойчивыми к антропогенным нагрузкам (Фролов, 1989).

Растительность в городе распределена неравномерно. Для крупных городов наиболее характерна следующая закономерность. Увеличение встречаемых видов растений идет от центра города к его окраинам. В центрах городов преобладают "экстремально урбанофильные" виды. Их очень немного, поэтому центры некоторых городов порой называют "бетонными (асфальтовыми) пустынями". Ближе к периферии увеличивается доля "умеренно урбанофильных" видов. Особенно богата флора окрестностей, здесь уже также встречаются "урбанонейтральные" виды.

Ведущее место в озеленении городов умеренного пояса занимают лиственные породы, хвойные практически не представлены. Это объясняется слабой устойчивостью этих пород к загрязненной среде города. Вообще видовой состав городских насаждений очень ограничен. Например, в Москве для озеленения города используются в основном 15 древесных видов, в Санкт-Петербурге – 18 видов. Преобладающими являются широколиственные деревья – липа, в том числе мелколистная,

клен остролистный, тополь бальзамический, ясень пенсильванский, вяз гладкий, из мелколиственных – береза повислая.

Доля участия других видов меньше 1%. На улицах города можно увидеть такие виды, как вяз шершавый, дуб черешчатый, сосна обыкновенная, клен американский, каштан конский, тополь разных видов (берлинский, канадский, черный, китайский), липа крупнолистная, ель обыкновенная, лиственница европейская и др.

Еще одной характерной чертой городской флоры и ее явным отличием от естественной является большая динамичность и непостоянность. Флористический состав и общее количество видов может измениться за достаточно короткий промежуток времени. Оказывает влияние возраст поселения, например, чем моложе город или микрорайон, тем более нестабильна флора. Также надо учитывать такие факторы, как расширение застройки, снос старых зданий, развитие промышленности и транспорта.

Что касается травянистых растений, то, кроме культурных растений (газонные травосмеси), в городе встречается много сорных и мусорных (рудеральных) растений. Они отличаются достаточной степенью устойчивости по отношению к антропогенным факторам и высокой агрессивностью. Эти растения в большом количестве растут на пустырях, около дорог, по железнодорожным насыпям, на запущенных свалках и т.д. Для нормального функционирования им даже необходимы постоянно идущие нарушения.

Условия обитания растений в городах очень схожи. Доля синантропных видов постоянно увеличивается. Это приводит к тому, что флористический состав городов разных климатических зон становится очень похож, и по сути городская растительность превращается в азональную. Так, 15% видов растений являются общими для всех городов Европы, а если сравнивать только центры этих городов, то этот показатель будет намного выше – до 50% (Фролов, 1998).

Общая продолжительность жизни городских растений существенно меньше, чем естественных. Так, если в подмосковных лесах липа доживает до 300-1400 лет, то в московских парках – до 125–150 лет, а на улицах – до 50–80 лет. Также отличаются и сроки вегетации.

Особенности городской среды сказываются на ходе жизненных процессов растений, флоры, их внешнем виде и строении органов. Например, у городских деревьев снижена фотосинтетическая активность, поэтому они имеют более редкую крону, мелкие листья, короче побеги.

Городские деревья чрезвычайно ослаблены. Поэтому они представляют собой прекрасные места для развития вредителей и всевозможных болезней. Это еще больше усугубляет их ослабление, а иногда является причиной преждевременной гибели.

Основными вредителями являются насекомые и клещи, такие, как моли, тли, пильщики, листоеды, листоблошки, растительоядные клещи и др. Только в Москве зафиксировано около 290 видов различных вредителей. При этом наиболее опасными являются непарный шелкопряд, листовенничная чехликовая моль, липовая моль-пестрянка, калиновый листоед и т.д. Сейчас растет количество деревьев, пораженных ильмовым заболонником. Также многие зеленые насаждения страдают от короеда-типографа, активно размножающегося в последние годы.

Обращает на себя внимание, что в условиях города листья многих растений подсыхают по краям, на них появляются бурые пятна различной величины и формы, иногда проявляется белый мучнистый налет. Подобные симптомы говорят о развитии всевозможных заболеваний (сосудистых, некрозно-раковых, гнилевых и др.). В Москве выявлено широкое распространение у растений гнилевых болезней, что сказывается на качестве зеленых насаждений города. Особенно это заметно в районах новой застройки, массового отдыха и свалок. В связи с высоким уровнем заболеваемости объем санитарных рубок, проводимых в городе, превосходит все другие за тот же период.

6.4 Особенности существования растительности в городе

Местообитания и условия существования городских растений в значительной мере отличаются от условий произрастания зональных типов растительности. Дело в том, что в городе растения испытывают воздействие целого ряда экологических факторов: климатических, эдафических, техногенных и других. Зеленые насаждения на значительной части территории испытывают высокую антропогенную, и в том числе техногенную нагрузку, подвергаются химическому, физическому, биологическому и комплексному загрязнению. Следствием этого являются особые условия существования всех элементов урбоэкосистем, которые определяют их состав и структуру, сам комплекс и степень влияния факторов неблагоприятного воздействия окружающей среды на состояние фитоценозов, возможности и условия их выживания, особенности функционирования, уровень их экологической значимости и выполнения ими средоохраняющих, санитарно-гигиенических и других полезных функций.

Крупные города представляют собой "острова тепла", в них образуется особый тепловой режим воздуха, характеризующийся повышенными температурами. Также для них характерен особенный световой режим. Из-за задымления, запыленности воздушного бассейна уменьшается прозрачность атмосферы, что приводит к снижению

поступления солнечной радиации. Общая загрязненность атмосферы в городах намного выше, чем на прилегающих территориях.

Определенную специфику имеет и обеспеченность растений влагой. Асфальтовые покрытия затрудняют доступ воды и кислорода в почву. С водонепроницаемого асфальта дождевые воды стекают в канализационную сеть, для растений возрастает возможность оказаться в условиях почвенной засухи. Наличие подземных коммуникаций и сооружений в зоне корневой системы деревьев неблагоприятно как для отдельных растений, так и для насаждений в целом.

Изменен в городах по сравнению с естественными местообитаниями и световой режим. Дополнительное освещение растений в ночное время нарушает естественные нормы поведения многих видов насекомых-фитофагов и способствует их перераспределению, скоплению в пределах городских насаждений и сильному повреждению последних. Нарушение растительного покрова и его обеднение влечет за собой снижение уровня численности энтомофагов и других представителей полезной энтомофауны в городских фитоценозах.

К числу антропогенных факторов неблагоприятного воздействия на леса крупных городов России относятся:

- ❖ загрязнение атмосферы, поверхностных и грунтовых вод и почвы. Атмосферные загрязнения, воздействуя на целые растения и отдельные их части вызывают в них различные процессы, отрицательно сказывающиеся на состоянии отдельного растения и всего биоценоза. Под влиянием техногенных факторов в зеленой массе растительности уменьшается содержание хлорофилла. Ткани растения, пораженные хлорозом, изменяют цвет на желтый и охристый, более сильное поражение вызывает некроз тканей. Биогеохимическими исследованиями установлена связь пораженности растительности и накопления в растениях относительно фона ряда химических элементов (свинца, олова, ванадия, стронция серебра, кобальта, меди, цинка) вблизи производств черной и цветной металлургии, машиностроения, полиграфии, автомобильных дорог. Отмечены признаки усыхания у 87% деревьев, произрастающих в лунках на крупных магистралях у 31% – на газонах. Степень повреждения растения зависит в основном от концентрации токсичного вещества и длительности его воздействия.
- ❖ избыточное рекреационное воздействие, сопровождающееся уплотнением почвы, нарушением мохово-травяного покрова, многочисленными механическими повреждениями комлевой части деревьев, уничтожением и повреждением роста и подлеска, образованием непланируемых дорог и заездов по грань крупных массивов и проч.;

- ❖ нарушение гидрологического режима и эрозионные процессы, вызванные неправильными хозяйственными мероприятиями и промышленной деятельностью;
- ❖ лесные пожары, связанные с нарушением пожарной безопасности населением в засушливые сезоны и годы;
- ❖ несовершенство режима ведения хозяйственной деятельности из-за отсутствия или запаздывания санитарных и лесовосстановительных рубок и создания условий для нарушения оптимальной возрастной структуры лесов, увеличения площади перестойных насаждений, роста очагов гнилевых болезней.

Леса в городе под воздействием рекреации постепенно деградируют, а их площади сокращаются. Небольшие массивы более уязвимы, в них деградация насаждений достигает 85–90%, в крупных – 6–20%.

В естественных лесных сообществах, включаемых в черту города (городских лесах), начинают прогрессивно развиваться следующие негативные процессы:

- ❖ упрощение горизонтальной структуры фитоценоза;
- ❖ упрощение вертикальной структуры фитоценоза, когда городские древесные насаждения не имеют подлеска, а газонные травы образуют одноярусный травостой вместо многоярусного;
- ❖ уменьшение площади ядра за счет формирования протяженной (в 5–6 раз более протяженной, чем в естественных условиях) опушки.

Одним из самых губительных видов антропогенных воздействий является "эрозия краев" природных территорий (Москва-Париж..., 1977) вследствие наступления застройки. Цепь негативных последствий "эрозии краев" лесных массивов связана с удовлетворением "общественного интереса" – размещением автостоянок, мест отдыха, технических объектов и учреждений обслуживания.

Другой характерной опасностью, которая угрожает особо охраняемым природным территориям и лесным массивам в городах и пригородных зонах, является их расчленение автомагистралями. Последующие явления "эрозии краев" вследствие строительных работ будут распространяться на два лесных участка, в каждом из которых вновь должно формироваться экологическое равновесие, ибо создано препятствие для биологических обменов, путей миграции обитающих животных. В результате последующих строительных работ по устройству стоянок автомобилей и т.д. новая граница причиняет еще больший вред природной среде. В итоге с каждой стороны дороги лес начинает отступать.

Серьезные экологические проблемы связаны с застройкой пойменных территорий и речных долин. Застройка пойменных земель

создает эффект экологической блокады города, лишая биологические компоненты экосистем последней возможности существования.

6.5 Категории озелененных территорий

Категорию зеленых насаждений составляет группа видов, объединенных по функциональному назначению и режимам пользования населением.

Все виды озелененных территорий по градостроительной классификации 70–80-х годов, делятся на три группы.

1. Насаждения общего пользования. К этой группе относились парки, лесопарки, скверы, бульвары, насаждения вдоль улиц и стадионов.

2. Насаждения ограниченного пользования. Сюда относились посадки в производственной зоне и вокруг производственных зданий, придомовые внутриворовые зеленые насаждения, насаждения в детских и лечебных учреждениях, а также на территориях учебных заведений и школ. Масштаб их использования более ограниченный.

3. Насаждения специального назначения. В эту группу входил целый ряд озелененных территорий: промышленных и коммунально-складских предприятий.

Деревья живут более двухсот лет, если произрастают в естественных условиях. В условиях парка продолжительность их жизни сокращается до 80–100 лет. В уличных посадках отмирание деревьев происходит еще более интенсивно и к 50–60 годам большая часть деревьев погибает. Городские деревья, посаженные вдоль автомобильных дорог и в пешеходных зонах, не доживают и до 30 лет.

Таким образом, городские сообщества отличаются гораздо меньшим видовым разнообразием, сильной антропогенизированностью и большим количеством рудеральных видов. Биоразнообразие и генофонд растений можно в какой-то мере сохранять на территориях лесопарков и парков. Однако пока наблюдаются тенденции уменьшения видового разнообразия в городской зоне. Для его увеличения, прежде всего, необходимо проводить исследования, которые позволят получить больше данных об экологии тех или иных видов.

6.6 Взаимоотношения города и природы

Вредные выбросы промышленных предприятий приводят к тому, что растительность в радиусе 6–8 км, а то и 10 км вокруг ГРЭС, металлургического или химического комбината, полностью погибает.

Максимальные повреждения растительности наблюдаются у опушек, вдоль полей, рек, в черте городов, а также у наветренных кромок лесов. Особенно пагубно для растений воздействие сернистого газа, наиболее массового загрязнения, 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, возрастом растений и другими факторами. При длительном воздействии сернистого газа поражения скорее всего проявляются у дуба, сосны и березы. Лучше всего усваивают этот газ эльдарская и черная сосна, американский клен, ясень, а среди однолетних – овес, пшеница и горох. 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.

Крупная проблема, связанная с антропогенным давлением городов на природные ландшафты, – массовый отдых городских жителей. Увеличение свободного времени, повышение мобильности и благосостояния населения, усталость его от городской среды ведут к тому, что число отдыхающих на пригородных территориях растет с каждым годом. Его рост в 4–5 раз опережает рост численности населения. 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.

Рекреационные нагрузки только на первый взгляд представляются незначительными. Достаточно отметить, что после 3–4 лет интенсивного использования лесных полей для их восстановления требуется не менее 5–6 лет, что при плотности посетителей более 100 чел. на 1 га естественное лесовосстановление полностью нарушается, что виновником 99% лесных пожаров является человек, что количество грибов, ягод, цветов, лекарственных трав вокруг крупных городов сокращается значительно более высокими темпами (за счет подорванности способности популяций к восстановлению), чем растет число отдыхающих и, вероятно, к концу XX века многие виды растений и грибов в радиусе 50–100 км вокруг крупнейших городов безвозвратно исчезнут.

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 ведение соответствующих режимов посещения тех или иных участков леса, имеющих соответствующую правовую основу. Давно пора прекратить практику "освоения" пригородных лесов, перенесенную из XVIII века. Принципы взаимоотношения города и природы на урбанизированных территориях, в пределах систем расселения, должны быть иными. Не должно быть резкого перехода от урбанизированной к природной среде (за исключением особых случаев – строго охраняемых заповедников на пригородных территориях и т.д.). Такой переход губителен для последней. 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. Помимо естественных ландшафтов, здесь должно быть достаточно лесопарков, водоемов, спортивных сооружений. Следует более интенсивно в смысле качества и разнообразия рекреационного обслуживания использовать зоны отдыха, путем сочетания в пригородных зонах функций отдыха, спорта, охраны природы, просветительной деятельности и др.

Вопросы для самопроверки

- 1. В чем особенности функционирования растительности в городе?*
- 2. В чем заключается санитарно-гигиенические функции растительности в городе?*
- 3. В чем проявляется влияние растительности на микроклимат территории?*
- 4. В чем проявляется декоративно-планировочная функция растительности?*
- 5. Каковы особенности существования растительности?*
- 6. Какие знаете категории озелененных территорий?*

7. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРОДОВ С ЖИВОТНЫМ МИРОМ

Животный мир в глобальном круговороте вещества и энергии занимает важное место стимулятора и ускорителя биосферных процессов обмена веществом и энергией. Несмотря на сравнительно небольшую массу животных на Земле (всего 0,25% от живого вещества биосферы), роль их особенно велика, что объясняется высоким уровнем энергетических процессов у животных и их большой подвижностью и разнообразием (более 2 млн видов против 300 тыс. видов в растительном мире), что исключительно важно для надежного осуществления основного процесса в биосфере – биотического круговорота вещества и энергии.

Биосферная функция – важнейшая в эволюции животного мира. Но животный мир необходим человеку, кроме того, и с утилитарной, и с эстетической точек зрения. Утилитарное значение животных – в их значительной хозяйственной ценности. А если подходить к этой проблеме с более широких позиций, то животные нужны для непредвидимых ныне направлений исследования природы в будущем.

В ходе эволюции биосферы исчезли не только отдельные виды, но и более крупные систематические единицы животного мира. В эволюции растений и животных процесс вымирания одних и образования других видов неизбежен. Этот процесс происходит в результате изменения климата, условий местообитания. Средняя продолжительность жизни вида птиц до появления человека была 2 млн лет, а млекопитающих – около 600 тыс. лет. Однако появление человека и расселение его по планете внесло печальные коррективы в эту статистику. Используя очевидную пользу растительного и животного мира, люди очень быстро сократили ареалы распространения тех или иных живых организмов, абсолютную их численность и, что самое главное, стерли с лица Земли уже более 250 видов растений и животных. Главные причины оскудения животного мира – хозяйственный перепромысел (прямое преследование и нарушение структур и популяций), изменение и уменьшение мест обитания вследствие прогрессирующей индустриализации и урбанизации, а в последнее время во все больших масштабах – ухудшение состояния окружающей среды.

Животный мир городов заметно отличается от фауны естественного биогеоценоза. Прежде всего это связано с тем, что в городах в результате большого количества заасфальтированных и бетонированных поверхностей и других факторов создаются особые условия жизни, которые значительно отличаются от природных. В результате строения и разрастания города многие сообщества, бывшие в этом месте раньше, разрушаются, однако часть видов, входивших в них, остается и постепенно

приспосабливается к новым условиям. Животным приходится приспосабливаться к особому городскому микроклимату, переносить городской шум, производимый транспортом и большими скоплениями народа. Даже на незастроенных участках города, где еще сохранились малоизмененные антропогенной деятельностью уголки природы, условия жизни несколько иные, поскольку эти территории являются основными рекреационными объектами города и, соответственно, несут большую рекреационную нагрузку.

Тем не менее, некоторые виды животных очень неплохо сумели приспособиться к жизни в городских условиях. В основном это наиболее экологически пластичные животные, в первую очередь всеядные и те, которые быстро адаптируются к городскому шуму, могут легко переходить с одного вида корма на другой, использовать свалки и помойки в качестве основной кормовой базы, гнездиться и укрываться в разных, иногда крайне экстремальных условиях.

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 не столько гибели отдельных особей, сколько разрушению их популяций, лишая их привычных мест обитания и отесняя в мало нарушенную человеком природу.

В наше время на фауну птиц, например, действуют два главных фактора:

- отравление мест их обитания пестицидами;
- 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, то есть особи,

приспособленные к жизни в расчлененном рельефе, в том числе птицы, устраивающие гнезда на скалах, крутых оврагах: воробьи, стрижи, галки, голуби, горихвостки-чертушки и т.д. В некоторых городах Африки живут эндемичные для этого континента птицы-мыши, в городах Австралии на деревьях обитают сумчатые млекопитающие, например, кузу, во многих городах нередко целые колонии чаек, кряковых уток, белых лебедей, в Хельсинки живет большая поганка, в Канберре – утконос. Особенно разнообразен животный мир в больших городских парках (например, в центральном парке Нью-Йорка), где можно встретить не только разнообразных птиц, белок, но и ежей, лисиц, енотовидную собаку, оленей и т.д. Следовательно, несмотря на чуждую живой природе городскую среду, имеются и факторы, способствующие расселению некоторых животных и птиц на городских и пригородных территориях. Эти факторы порождены соседством человека (возможность найти пищу в любое время года, получить защиту от хищников и др.).

По состоянию численности и видового состава некоторых животных можно определить степень экологического благополучия того или иного района. Так, например, большое значение имеет показатель количества **синантропных животных**, т.е. "тех видов, которые регулярно обитают на территории населенных пунктов или в сооружениях человека (различных постройках, жилых зданиях, магазинах, местах хранения пищевых продуктов и т.п.), образуя там постоянные и периодически возникающие независимые или полузависимые популяции". Наличие множества синантропных видов (серая крыса, домовая мышь) при полном отсутствии **экзоантропных** (рыжая полевка, обыкновенная бурозубка и др.) свидетельствует о значительной степени трансформации ландшафта или даже полной его деградации. Поэтому при осуществлении градостроительной или иной хозяйственной деятельности необходимо помнить о сохранении биологического разнообразия города.

Из млекопитающих в городе наиболее распространенными являются такие виды, как серая крыса, или пасюк, и домовая мышь. Эти животные относятся к группе настоящих синантропов, область распространения которых во много раз превышает исходный ареал. Они могут обитать во всех типах зданий, в том числе и в многоэтажных каменных домах, питаются эти животные преимущественно за счет человека.

Серые крысы и домовые мыши. Серые крысы заселяют главным образом подвалы и нижние этажи зданий. Особенно большое значение имеет при этом высота зданий: чем больше этажей, тем больше мусора скапливается в мусороприемных камерах и тем больше пищи для крыс. На окраинах города они многочисленны летом на свалках, по берегам речек и ручьев, много их и на полях орошения. Крысы приносят человеку большой

вред. Они не только поедают и портят продукты питания, но повреждают сооружения, подземные кабели и коммуникации, разносят опасные для человека инфекции, такие, как трихинеллез, лептоспироз, туляремию, сальмонеллез и прочие. Так, только по Москве и только зарегистрированных укусов ежегодно насчитывается 150–200 случаев. По данным американских ученых, почти пятая часть пожаров в городах вызвана замыканиями в электропроводке вследствие деятельности грызунов. Оценки экономического ущерба сильно разнятся, например, для Москвы они составляют десятки миллионов рублей в год. Но после уничтожения крыс проблемы не кончаются.

Во-первых, остаются крысиные клещи. Не имея постоянных хозяев, они перебираются на людей, вызывая у них сильный дерматит, причину которого установить довольно трудно, и человек, не подозревая о клещах, может долго и безуспешно лечиться.

Во-вторых, при истреблении крыс освободившиеся экологические ниши быстро занимают домовые мыши. Это еще одни наиболее конкурентоспособные представители грызунов. Домовые мыши предпочитают сухие помещения. Оптимальные условия для них складываются на складах бакалейных продуктов. В домах, в отличие от крыс, мыши селятся на всех этажах, но предпочитают нижние и верхние. Меньше всего их на средних этажах, что, по-видимому, связано с более широкими возможностями для устройства гнезд в подвалах и на чердаках. По наблюдениям Т.Ю. Чистовой и Л.Л. Данилкина, чаще всего домовые мыши появляются в зданиях, имеющих технические нарушения. Заселение этих помещений мышами происходит осенью, после наступления похолодания. Появление серых крыс не связано с погодными условиями, а определяется главным образом беспокойством этих грызунов в местах их постоянного обитания. Например, проведение каких-либо ремонтных работ почти всегда влечет за собой заселение крысами помещений, связанных с районом работ подземными коммуникациями.

Подсчитать точное количество крыс и мышей в настоящий момент довольно сложно, так как точная методика учета численности еще не разработана. Однако обычно наблюдается резкое увеличение количества этих грызунов к осени и снижение численности к весне.

Человек ведет постоянную борьбу с грызунами, пытаясь уменьшить их количество. Интересен тот факт, что если домовая мышь выживает в этих условиях: счет очень быстрого размножения, то крыса старается тем или иным образом приспособиться к методам борьбы. За несколько поколений крысы сумели выработать иммунитет к некоторым ядам, научились обходить многие ловушки постепенно осваивают новые территории.

Насекомоядные и рукокрылые. Другая группа млекопитающих, обитающих в городе, только частично связана с человеком. Из насекомоядных можно встретить обыкновенного ежа, обыкновенного крота, обыкновенную бурозубку и малую белозубку. Сюда же относятся рукокрылые, представленные в городах континентальной Европы в основном насекомоядными летучими мышами. Интересно то, что, обитая в основном в широколиственных лесах, где много естественных убежищ, они селятся и в помещениях, но питаются за их пределами. Исследования С.В. Крускоп и А.В. Борисенко показали, что ключевыми экологическими факторами, определяющими устойчивое существование рукокрылых в городе, являются хорошее состояние кормовой базы (высокая численность и разнообразие ночных летающих насекомых), наличие кормовых станций (в первую очередь – речных пойм и лиственных лесных массивов площадью до нескольких квадратных километров), а также наличие убежищ с подходящим микроклиматом, расположенных вблизи от кормовых станций. Согласно К.К. Панютину человеческие постройки (в первую очередь каменные здания с железной крышей и деревянными перекрытиями) как нельзя подходят для таких убежищ, так как благодаря сочетанию материалов с различной теплопроводностью и теплоемкостью там создается мозаичный температурный режим.

Грызуны. Из отряда грызунов к группе млекопитающих, частично связанных с человеком относятся полевая и лесная мыши, обыкновенная и восточно-европейская полевки, обыкновенный хомяк и белка. Сама белка не стремится к соседству с человеком, однако, оказавшись в пределах города, легко приспосабливается к городской среде. Численность белки в лесопарках и парках иногда даже выше, чем в лесу. Этому в значительной мере способствует подкормка животных, хотя, конечно, основной корм белок составляют семена хвойных деревьев, и наибольшей численности эти грызуны достигают в годы урожая шишек сосен и елей. Белки очень быстро ручнеют и доставляют большую радость, особенно детям и пожилым людям. Но, к сожалению, эти грызуны наносят большой урон певчим птицам, они поедают яйца и даже птенцов мелких воробьиных птиц, гнездящихся открыто, прежде всего, певчих дроздов, зябликов и других.

Хищные млекопитающие. К жизни в городе благодаря высокоразвитой высшей нервной деятельности хорошо приспосабливаются хищные млекопитающие. Среди хищников встречается черный хорь, ласка, обыкновенная лиса. Ласка может жить везде, где есть мелкие грызуны – рыжие полевки, лесные мыши. В годы, когда численность этих видов минимальна, ласка полностью исчезает. Лисы также не редкие гости в городе. Они приспособились устраивать норы под кусками брошенного цемента и в других местах, которые трудно

разрыть, раскопать браконьерам или собакам. Иногда они поселяются в застроенной части города, привыкая к его шуму. Исследователи Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН наблюдали, как в Москве, на Пятницкой улице (в самом центре города) несколько лет жила лиса во дворе небольшого дома. Днем она укрывалась в норе, вырытой под домом, а ночью выходила, кормилась на помойке и отлавливала грызунов.

Бездомные животные. Несколько особняком в городской фауне стоят бездомные животные, в наибольшей степени собаки и кошки. В настоящее время этой проблеме уделяется очень большое внимание, так как, с одной стороны, эти животные являются потенциально опасными для человека. Они ухудшают санитарно-эпидемиологическую обстановку, поскольку могут переносить различные заболевания, которыми могут болеть не только другие животные, но и человек (бешенство, лептоспироз, диروفилляриоз, токсоплазмоз, гельминтозы и другие), также ежегодно довольно большое количество людей страдает от нападения на них одичавших животных. Брошенные своими хозяевами, собаки могут объединяться в большие стаи, защищая свою территорию, они порой проявляют агрессию по отношению к человеку. Только по официальным данным за 1999 г. в Москве зафиксировано более сотни укусов на 100 тыс. жителей. С другой стороны, многие методы, используемые для регулирования численности этих животных, зачастую негуманны и комически невыгодны. Последнее касается проблемы отлова животных с последующей их эвтаназией (уничтожением или убийством). До сих пор этот метод является одним из самых распространенных в России. Однако полное истребление, например, бездомных собак в районе, ведет к тому, что их экологическую нишу занимают другие безнадзорные собаки или кошки, или, что еще хуже серые крысы, и это влечет за собой новые проблемы.

Во многих крупных европейских городах, в США, Гонконге, Сингапуре сейчас все чаще применяют менее жестокие средства для сокращения численности таких животных, например, методы массовой стерилизации и кастрации. Также весомое значение имеют общественные организации и частные лица, которые создают приюты и гостиницы для бездомных животных, где они смогут не только получить пищу, но и необходимую квалифицированную ветеринарную помощь. Действенным методом является и ликвидация мест потенциального логова, где можно без помех выращивать потомство (открытые подвалы, теплотрассы, заброшенные и законсервированные стройки и т.д.).

Городские птицы. Еще одни довольно многочисленные обитатели крупных городов – это птицы. Наиболее распространенные виды – серая ворона, сизый голубь и домовый воробей. В центральных деловых и

жилых кварталах эти виды составляют больше 70% всего животного населения.

Серая ворона – один из наиболее экологически пластичных видов в городе. Она хорошо адаптировалась к жизни в урбанистическом ландшафте. По И.И. Апаровой, еще в 40-х годах XX века серые вороны не только не гнездились в Москве, но даже не ночевали в городе. Они прилетали рано утром и осваивали местные помойки, а вечером стаями улетали в ближайшие леса за пределы города. Сейчас вороны полностью приспособились к городским условиям. Они нашли практически неограниченный источник питания в виде пищевых отходов в мусорных контейнерах и на помойках. Вороны также научились отнимать пищу у домашних собак и кошек, извлекать пищу из упаковок (из коробок от молочных продуктов, из пакетов от чипсов и орехов, из металлических банок и т.д.), открывая их при помощи клюва и ног. Они вырабатывают различные тактики воровства и занимаются хищничеством. Теперь серые вороны гнездятся на одиночных деревьях по всему городу, даже в центре. Плотность гнездования увеличивается при приближении к источникам питания. Это можно объяснить стремлением вида сэкономить энергию на полеты за пищей.

Серые вороны совершенно не боятся ни городского шума, ни самого человека. Нередки случаи нападения этих птиц на людей. Однако вороны хорошо чувствуют потенциальную опасность. Так, было замечено, что они четко дифференцируют нейтральное поведение человека и поведение наблюдателя. Если обычных людей они подпускают на расстояние 1–2 м, то наблюдателей – не меньше чем на 20 м.

Как показало мечение птиц, до 40% городской популяции серой вороны оседла; в осенне-зимний период вороны совершают лишь небольшие перемещения в пределах нескольких городских кварталов. Зимой количество ворон возрастает за счет мигрантов (в основном с северо-востока). Численность зимующей популяции врановых, в том числе галок и грачей, колеблется от 300 тыс. до 1 млн особей (Экология..., 1998).

Сизые голуби. Существование сизых голубей также неразрывно связано с человеком. Численность их в городе в 14 раз выше, чем в сельской местности. Так же как и для ворон, основным источником питания для голубей являются пищевые отходы, и все птицы собирают корм в местах своего обитания. Миграции птиц практически не наблюдаются. Надо отметить, что сизый голубь наносит весьма ощутимый ущерб человеку. По оценкам специалистов, от 40 до 90% птиц заражены орнитозом. В местах скопления птиц на чердаках создаются благоприятные условия для размножения клещей, пухоедов, блох, мух, молей. Помет голубей разрушает металл и отделочные материалы,

вызывая коррозию, материальный ущерб от голубей составляет огромные суммы.

Воробей домовый – еще один постоянный спутник человека в городе, однако тоже небезопасный. Исследования, проведенные в Западной Европе, показали, что из 227 домовых воробьев 12,3% птиц оказались зараженными токсоплазмой (Экология..., 1998).

Хищные птицы могут ограничивать численность ворон, голубей и воробьев. Поэтому в последние годы во многих городах Европы и Америки предпринимаются безуспешные попытки искусственного заселения хищными птицами. Оказалось, что, будучи выпущенными птенцами, они воспринимают городскую среду как «естественный» биотоп. Улетая на зимовку, они возвращаются обратно в город, гнездятся на карнизах и в нишах зданий, питаются воронами и голубями.

Также за последнее время наблюдается процесс синантропизации ночных хищных птиц, в частности ушастой совы. Немалое влияние на это оказывает наличие качественной кормовой базы для этого хищника. Они беспрепятственно находят здесь мелких грызунов и птиц, даже в зимний период. Иногда добычей сов становятся вороны. Все это говорит о том, что сам урбанизированный ландшафт обладает теми условиями, которые необходимы для успешного существования этого вида.

Постепенно осваивают городскую среду и **водоплавающие птицы**. Наиболее экологически пластичным видом, который смог приспособиться к обитанию в небольших водоемах с мозаичной неоднородной структурой местообитаний, оказалась кряква. Она быстро освоила все пригодные городские пруды, поймы и русла рек. Раньше кряквы покидали город сразу после наступления ледостава, сейчас многие из них предпочитают не мигрировать за пределы города. Они зимуют в пределах незамерзающих русел (у теплых сбросов, очистных сооружений, электростанций), особенно при наличии корма. Таким образом, с развитием кассовой жилой застройки и ростом числа незамерзающих рек увеличивается и численность водоплавающих птиц. Эта ситуация характерна для многих крупных городов.

Быстро адаптируется в городских условиях большая синица и синица-лазоревка. Остальные виды птиц не столь многочисленны. Однако в крупных парках и лесных массивах можно встретить стрижей, дроздов, зарянок, поползнь, пищуху, дятлов, желтых трясогузок, юрков и других. Такие виды птиц, как скворец, городская ласточка, горихвостка-лысушка, зяблик, зеленушка, щегол, гнездятся в небольшом количестве и нерегулярно.

Рыбы и их особенности в городских водоемах. Ихтиофауна города также испытывает сильный антропогенный пресс. Бытовые и промышленные отходы, попадающие в водоемы, причиняют вред всем

организмам, их населяющим, включая рыб. Исследования показывают, что почти полностью исчезли проходные рыбы (стерлядь, лосось). При этом выросло число видов-фитофилов. Их численность зависит от концентрации кормовых организмов, которая, в свою очередь, связана с высокой эвтрофикацией водоемов. К наиболее часто встречающимся видам можно отнести чехонь, белоглазку, карпа, белого толстолобика, бычка-круглянку и бычка-цуцика, ротана, радужную форель и некоторых других.

Большое количество видов загрязняющих веществ, аккумулируемых в илах и растениях и сбрасываемых в воду, не проходит для рыб бесследно. Особенно чувствительными к загрязнениям оказываются отложенная икра и ранние стадии развития рыб. Рыбы нерестятся в загрязненной воде и следствием этого являются аномалии и уродства, наблюдаемые у особей большинства видов рыб. У них нарушена как внешняя морфология, так и морфология внутренних органов. Имеются нарушения в строении черепа (рыбы-"мопсы"), осевого скелета, плавников (вплоть до полной их редукции), органов зрения (слепые рыбы и рыбы-телескопы), структуры чешуйного покрова, появление опухолевидных образований в т.д. Проведенные токсикологические анализы рыб показали, что одними из основных загрязнителей в теле рыб являются нефтепродукты. Иногда у отдельных видов обнаруживаются высокотоксичные тяжелые металлы, такие, как цинк, свинец, мышьяк, отдельные группы пестицидов (гексахлоран, ГХЦГ – гамма-изомер, метафос, тиофос), что абсолютно недопустимо по санитарным нормам.

Надо помнить, что рыбы являются адекватными индикаторами состояния водоемов. Они быстрее, чем человек, реагируют на изменение условий обитания, и состояние их организма может явиться предпосылкой для прогнозирования качества здоровья людей.

Насекомые в условиях города. Они выполняют функции опыления, перерабатывают мертвые растительные остатки, интенсифицируют почвообразование и т.д. Некоторые виды не столь полезны, однако очень хорошо приспособились к жизни в городе. В целом насекомые тоже очень устойчивы к изменениям в среде. Они чрезвычайно плодовиты, у них происходит быстрая смена поколений, и часто они довольствуются небольшими территориями. Поэтому насекомые могут гораздо лучше приспособиться ко всем внешним воздействиям. Промышленное загрязнение среды, огромные рекреационные нагрузки на биотопы и как следствие деградация или уничтожение кормовой базы приводят к перераспределению численности ряда видов насекомых.

Тараканы. Настоящими синантропами являются тараканы, особенно рыжий, или прусак, и черный. В России больше распространены рыжие тараканы. Они распространились по мусоропроводам и

вентиляционным устройствам, предпочитают населять верхние этажи зданий, что, по-видимому, связано с тем, что отопление подается сверху и в квартирах на верхних этажах теплей, чем на первых. Наиболее комфортно тараканы себя чувствуют при температуре 30⁰С, более низкие температуры задерживают развитие насекомого. Температура ниже 5⁰С для него уже смертельна: при – 5⁰С погибает через 30 мин, а при – 7⁰С – через минуту. Живя в помещениях, таракан может питаться остатками продуктов (крошки хлеба, овощи, сахар, масло и др.).

Синантропные тараканы опасны для человека не только тем, что они портят, загрязняют продукты, но и тем, что они разносят различные болезни: дизентерию, тиф, холеру, туберкулез, яйца глистов, споры болезнетворных грибков, бактерии и яйца паразитирующих червей и т.д. Предполагается, что тараканы переносят и вирусы – например, возбудителей полиомиелита и гепатита. Даже мертвый таракан, как и шкурки, оставшиеся от тараканьих личинок, небезопасны. Они выделяют очень сильный аллерген. Всемирная организация здравоохранения ставит его на третье место после таких возбудителей аллергии, как цветочная пыльца и клопы. Поэтому борьба с домовыми тараканами представляет важное звено в системе санитарно-эпидемиологических мероприятий.

Еще один неперенный спутник человека – **комнатная муха**. Она не живет в условиях дикой природы, вне городской среды. Комнатная муха имеет очень высокую скорость размножения. Личинки мухи развиваются во всех гниющих ходах, теплый климат способствуют увеличению скорости этого процесса. Муха также является переносчиком возбудителей разных болезней. Она способна переносить более 100 микробов, включая сальмонеллу, стафилококк, кишечную палочку и шигеллу. Эти бактерии могут вызвать заболевания людей и животных, в числе тифоподобный жар, холеру, инфекционную дизентерию, гепатит, офтальмию, полиомиелит, туберкулез и детскую диарею.

Довольно многочисленными обитателями города – **комары**. Благоприятными условиями для развития комаров являются наличие застойной воды и теплого климата, поэтому в городах оптимальными местами для развития комаров служат подвалы. Там достаточно тепло, иногда бывают утечки канализаций, которые с успехом заменяют болотистые водоемы.

Они, как и муха, относятся к отряду двукрылых. Наиболее распространенными видами комаров, которых можно встретить в городе, являются два – комар-пискун, обычный "подвальный" комар, и малярийный комар. Часто малярийного комара путают с комаром-долгоножкой, крупным насекомым, питающимся соками растений, а не кровью. Настоящий малярийный комар похож на обыкновенного мелкого комара-пискуна и отличить его непросто. Однако не каждый малярийный

комар опасен, только тот, в слюнных железах которого находится паразит крови человека – малярийный плазмодий.

Комары являются разносчиками вирусов, наиболее распространенный – это малярия. Сейчас появилась также опасность заражения западнонильским энцефалитом, лекарств от которого еще нет. Достаточно остро эта проблема стоит в США, где только в Вашингтоне в августе 2002 г. было зарегистрировано около 40 точек, в которых находились насекомые, зараженные вирусом смертельной болезни. Кровососущими и, следовательно, опасными для человека являются только самки, самцы же питаются соком растений.

Очень велика роль **перепончатокрылых** в городе. Они помогают поддерживать репродуктивный потенциал травостоя на пустырях, в парках и скверах, опыляя многие растения нижнего яруса. Муравьи и осы выполняют функцию санитаров, выкармливая свое потомство предварительно убитыми или парализованными потребителями зеленой массы.

Многие виды, которые, казалось, были достаточно распространенными, исчезают в настоящее время. Так, неуклонно уменьшается численность рыжего лесного муравья, в большей мере из-за регулярных повреждений муравейников и изменения среды обитания. С исчезновением основных кормовых растений в городе пропадают и связанные с ними виды пчелиных. Очень редки такие насекомые, как цикадки, гусеницы бабочек, жуки-слоники. Между тем они являлись основным источником питания для потомства многих видов роющих ос. В связи с этим численность последних также постоянно уменьшается. Наиболее приспособленными оказались песчаные осы (аммофила полевая) и крабронные осы.

Урботолерантными являются и некоторые виды шмелей, например полевой, земляной, городской. Они встречаются даже на максимально урбанизированных территориях, например на Арбатской площади в Москве. Выживанию шмелей способствует отсутствие сплошного сенокосения на газонах, улучшающее условия гнездования, наличие ив в городских посадках, являющихся источником дополнительного питания для самок, и другие факторы. Весьма распространенными являются пчелы – андрены, осмии. Например, в Москве наиболее приспособлена к городским условиям рыжая осмия, заселяющая трещины в стенах старых домов.

Краткий обзор фауны крупных городов, приведенный выше, наглядно показывает, что животный мир городов довольно сильно отличается от природной фауны. Он гораздо беднее по видовому разнообразию, чем естественные сообщества, здесь доминирующими являются совершенно иные виды. В то же время нельзя утверждать, что

фауна всех крупных городов мира совершенно одинакова. Существенную роль играет размер города. Чем больше город, тем богаче его фауна. Различия в видовом разнообразии и условиях обитания животных определяются также географическим положением городов, их историческими особенностями и другими факторами. В настоящем обзоре большее внимание уделялось фауне городов средней полосы.

Вымирание видов – насущная проблема урбанизированных территорий. Наиболее остро она стоит в районах массовой застройки. Сейчас процесс достиг той стадии, когда исчезают не только редкие позвоночные животные, требующие для своего существования крупных природных массивов со сложной пространственной структурой, но и мелкие беспозвоночные, которые намного более неприхотливы и которые могут сохраняться на гораздо меньших площадях. В связи со слабой изученностью беспозвоночных нет данных о точном числе видов, исчезнувших под антропогенным прессом. Однако примерные расчеты показывают, что в наши дни исчезает примерно по одному виду беспозвоночных ежедневно.

Общее количество видов стремительно сокращается, увеличивается доля синантропных видов, особенно настоящих синантропов, которые в застроенных частях могут оставаться единственной группой видов, способной выдержать мощную антропогенную нагрузку мегаполисов. Это ведет к разрушению самой экосистемы и делает почти невозможным ее саморегулирование.

Для нормальной работы экосистемы должны содержать полный набор свойственных им видов, поэтому необходимо сохранять даже самые редкие. Их наличие говорит о стабильности природных сообществ, тем самым и о стабильности той среды, в которой живет человек. Они являются индикаторами, показателем благополучия этих сообществ и соответственно всей среды в целом.

Одним способом сохранения животных может быть искусственное воспроизводство. Полученные молодые особи могут использоваться для интродукции в природу для поддержания таким образом численности и популяции некоторых животных. Примеры такого разведения уже есть, например, крокодиловые и страусиные фермы, разведение оленей в Новой Зеландии, а также пауков, попугаев, лемуру и некоторых других.

Таким образом, для управления животными в городе необходимо принимать комплексные и продуманные меры. Но, занимаясь проблемой сохранения животных в городе, нельзя также забывать и о том, что город создавался для человека, поэтому сохранение биоразнообразия в городской среде не является основной задачей. Создавая охраняемые зоны для животных, нужно думать и о том, как в них будет чувствовать себя человек. То есть при планировании города надо правильно зонировать

территорию, с одной стороны, пытаться максимально сохранить живую природу, а с другой – делать ее доступной для горожан, учитывая их рекреационные и эстетические потребности.

Элементы культурного ландшафта, урбанизированной среды во многих случаях улучшают условия жизни животных, и это обстоятельство необходимо использовать человеку в его отношениях с животным миром, к сожалению, чаще всего бывает наоборот, пестицидами и т.д.).

Вопросы для самопроверки

- 1. Какие животные относятся к синантропным и экзoантропным?*
- 2. Каково поведение грызунов, хищных млекопитающих в условиях города?*
- 3. В чем заключается особенности поведения городских птиц?*
- 4. Каковы проблемы представителей животного мира в городе?*

8. ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Урбанизированные территории и, прежде всего, сами города в своем непрерывном количественном и качественном развитии все в большей степени испытывают воздействие комплекса специфических физических факторов, которые в большой мере определяют издержки научно-технического прогресса – шумового, теплового, электромагнитного и других "загрязнений". 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 специфическое антропогенных нагрузок на окружающую среду в перспективе могут стать не менее опасными для людей, чем загрязнения водного и воздушного бассейнов и почвенно-растительного покрова. Всё это наряду с транспортной усталостью, перенапряжением нервной системы и другими последствиями жизни в крупном городе отрицательно сказывается на самочувствии населения, что выражается в быстрой утомляемости, подверженности различным заболеваниям и неврозам, повышенной раздражительности и т.д.

В городе создается так называемое **физическое загрязнение** геологической среды, связанное с местным изменением температурного, электрических и магнитных, вибрационных полей, проявляясь на локальной территории, эти техногенные физические поля по интенсивности значительно превосходят естественные аналоги. Техногенное воздействие сообщает геологической среде дополнительное количество энергии через статические (вес сооружений), динамические (вибрация), температурные и электрические поля.

Воздействие шума. Шум является одним из неблагоприятных факторов в современных городах (так, по оценке специалистов, излучаемая

звуковая мощность всех источников шума возрастает в США на 25% в год). Шум сопутствует прогрессу техники, развитию промышленности, строительства, непосредственно связан с увеличением числа и мощности транспортных средств. В последние годы отмечается непрерывное повышение шумового фона городов, основным источником которого является *транспорт*, на который приходится 60–80% всех шумовых проявлений. Нередко в крупнейших городах уровень шума в часы "пик" достигает 90–95 децибел акустических (дБА). Если принять во внимание, что допустимым является уровень шума в 45–50 дБА, а болевой порог находится где-то между 100 и 140 дБА, то острота проблемы очевидна. При уровне шума 50 дБА у людей возникает нарушение сна, снижается концентрация внимания, а при уровне 65 дБА проявляются *стрессовые реакции*. Мощными источниками шума в пределах урбанизированных территорий является также *железнодорожный* и стремительно развивающийся *авиационный* транспорт, а также метрополитен открытого и полного заложения.

В промышленных городах, особенно там, где ведется интенсивное строительство, особенно значительную роль играет тяжелый грузовой транспорт (до 80–90% всех шумов). На магистралях крупных городов уровень шума достигает 90 дБА. Так, например, в Самаре, Набережных Челнах, эквивалентные уровни звука составляют 70–80 дБА, Новосибирске – 69–82 дБА, Барнауле – 72–80 дБА, Ярославле – 69–79 дБА, Москве – до 85 дБА.

Существенное место в шумовом загрязнении городской среды принадлежит *железнодорожному транспорту*, особенно в пригородах. Интенсивность шума при движении поездов, работе сортировочных станций, компрессоров и другого оборудования предприятий железнодорожного транспорта достигает 90–100 дБА и более, что значительно превышает допустимые уровни и неблагоприятно отражается на здоровье пассажиров, работников транспорта и населения, живущего вблизи от транспортных коммуникаций и предприятий. Только начиная с расстояния 300 м от железнодорожных путей уровень шума приближается к фоновому.

Наиболее интенсивным источником шума является *воздушный транспорт*. Под трассами пролета самолетов на территории жилой застройки создается шум силой до 115 дБА, а на удалении 10 км от трасс – до 95 дБА. Авиационный шум оказывает неблагоприятное воздействие на самочувствие людей в радиусе до 20 км от взлетно-посадочной полосы.

Промышленные предприятия также могут быть источниками весьма сильного шумового загрязнения. Причины шума – различные *механические, аэро-, газо-, гидродинамические и электромагнитные* нестационарные процессы, характеризующиеся переменными величинами

(пульсация скорости, вибрации и др.), а также работа машин и механизмов, потоки газов и жидкостей в трубопроводах и аппаратах, электрические и переменные магнитные поля в электрических устройствах. Нередко и в жизни, и в градостроительных проектах промышленные предприятия и другие хозяйственные объекты размещаются в непосредственной близости от жилой застройки, что приводит к превышению нормативных уровней шума, особенно в ночное время. А уровни внешнего шума от предприятий весьма высоки. Так, машиностроительные заводы характеризуются максимальным уровнем шума в 80 дБА, металлургические заводы – 100 дБА, ткацкое производство – 90 дБА, компрессорные станции – 100 дБА, газотурбинные и энергетические установки – 110 дБ А, кузнечно-прессовые цехи – 110 дБА и т.д.

Воздействие шума на живые организмы чрезвычайно опасно. Особенно вреден шум в ночное время. В ряде стран получены статистические данные о росте общей заболеваемости населения в связи с увеличивающимся городским шумом, а также о снижении производительности труда на 15–20%. Установлена определенная роль ночного шума в возникновении гипертонической болезни. Отрицательное влияние на живые организмы оказывает *инфразвук* – *неслышимый звук*, частота излучения которого составляет 16–20 герц, а волны характеризуются большой проникающей способностью. Источниками инфразвука являются некоторые виды производственной деятельности, железнодорожный транспорт, работа двигателей ракет и самолетов и т.д.

Вибрация и гравитация. Весьма неблагоприятным физическим фактором воздействия на население современных городов является *вибрация*. Она отрицательно влияет не только на людей, производственная деятельность которых связана с процессами, сопряженными с явлениями вибрации, но практически на каждого городского жителя. При этом отрицательные реакции человека определяют не столько механические колебания, сколько вторичные эффекты и в первую очередь звук. Источниками *вибрации* в городах являются *промышленные установки*, например, кузнечно-прессовое оборудование, поршневые компрессоры, дизель-молоты, транспортные средства, создающие при работе большие динамические нагрузки, которые вызывают распространение вибрации в грунте и конструкциях зданий.

Наиболее интенсивное и стабильное воздействие на вибрационную обстановку в городах оказывает *транспорт – рельсовый* (метрополитен мелкого заложения, трамвай, пригородная железная дорога и др.) и *грузовой автотранспорт*. Эти источники генерируют колебания с максимумом энергии в определенных частотах. Такие максимумы для метрополитена составляют 63 Гц, для наземного рельсового транспорта – 31,5 Гц, для грузовых автомобилей и автобусов соответственно 8 Гц и 16 Гц.

Динамические воздействия колебаний в жилых помещениях зависят от многих факторов – скорости и интенсивности движения транспорта, удаленности автомобильных трасс от жилых зданий, технического состояния подвижного состава, качества пути, типа грунтов, расположения и вида подземных коммуникаций, конструкции зданий и др. Обширное вибрационное поле и распространение вибрационного фона на чрезвычайно большие расстояния создают полеты сверхзвуковых самолетов.

Повышенная вибрация отрицательно влияет на *общее самочувствие людей*, нарушает их сон, ведет к чрезмерному утомлению, ощущению дискомфорта, стрессовым состояниям.

Воздействие (**вибрации**) вибрационного поля на городскую среду различно в зависимости от типа пород, на которые воздействует вибрация. Скальные и полускальные грунты, обладающие упругими свойствами, передают вибрацию от источника к объекту воздействия без значительного поглощения энергии колебаний. При предрасположении массива пород к проявлению процессов оползней, обвалов, карст, пывунных явлений, воздействие вибрации может вызвать подвижки пород усилить интенсивность и отрицательные последствия этих явлений.

Основным источником вибрации по отношению к территории и инженерным объектам, являются транспортные магистрали. В качестве верхнего предела допустимого вибрационного воздействия на геологическую среду принимается 73 дБ. Эти условия создаются, когда наряду с автомобильным транспортом или независимо от него функционирует рельсовый транспорт с регулярным движением.

Гравитация – феномен еще не раскрытый. Она обусловлена двумя основными причинами - огромной концентрацией *многоэтажных зданий* в новых жилых районах и широким распространением *скоростных лифтов*, которыми пользуются все более широкие слои населения. Скопление огромных многоэтажных зданий негативно влияет на верхние слои геологических структур, приводит к "сминанию", очень большому уплотнению фунтовых слоев, нарушению гидрологического режима и другим весьма нежелательным последствиям, в том числе угнетенному психологическому состоянию горожан. А частое пользование скоростными лифтами сопровождается у отдельных людей нарушениями вестибулярного аппарата, обмороками и длительными расстройствами в психической сфере.

Тепловое загрязнение. Ежегодно на Земле более 8 млрд т условного топлива превращается в различные виды энергии, эквивалентные 60–65 млрд кВт·ч электрической энергии (общая мощность установок 12–15 млрд кВт). Масштабы антропогенной энергии близки к космическим, геофизическим и геологическим. Так, энергия отливов и приливов

составляет 5–6 млрд, ураганов – 20–30 млрд, землетрясений – 25–40 млрд кВт. Количество антропогенной энергии на земле ежегодно увеличивается на 6–7%.

Большая часть антропогенной энергии сосредоточена в пределах урбанизированных территорий, в том числе в больших городах, которые являются локализованными потребителями энергии, стягиваемой в них с огромных пространств. Зимой количество искусственного тепла на единицу площади города почти равно теплу, получаемому от солнечной радиации. Вследствие несовершенства технологических процессов, сравнительно невысокого коэффициента полезного действия энергетических агрегатов (по сравнению с естественными энергетическими циклами) огромное количество тепла тратится на подогрев воды, почвы, атмосферы, таким образом происходит тепловое загрязнение окружающей среды.

Тепловое загрязнение имеет два важнейших аспекта – *глобальный и локальный*. О первом уже говорилось выше, и в целом суть его заключается в повышении температуры на поверхности земли вследствие теплового загрязнения и эффекта парника в планетарных масштабах. Главным ограничением в данном случае выступает уровень возможного повышения температуры на планете (не более, чем на $3,5^{\circ}\text{C}$). Этот уровень соответствует масштабам производств антропогенной энергии, не превышающим 5% от энергии солнечного излучения, поступающей на Землю.

Локальный аспект теплового загрязнения окружающей среды, помимо того, что во многом способствует глобальному загрязнению биосферы, характеризуется самостоятельным эффектом, который, как правило, значительно превышает глобальные средние значения, хотя проявляется более или менее локально (города, промышленные узлы, отдельные водоемы и т.д.).

Особенно высоких значений тепловое загрязнение достигает на отдельных участках гидросферы вследствие охлаждения водой агрегатов ГРЭС АЭС или других промышленных установок и сбросом горячей воды в водоемы. Крупные ГРЭС мощностью 2,1–2,4 млн кВт потребляют для охлаждения агрегатов 70–90 м³/сек воды, т.е. расходы, соизмеримые с расходами средних рек, таких, например, как Москва-река. Тепловое загрязнение от атомных станций еще в 1,5–2 раза больше. Повышение температуры в водоемах приводит к изменениям химических и биологических параметров среды: уменьшает содержание в воде кислорода, доступ солнечного света к водным растениям и повышает токсичность загрязнений и скорость развития вредных сине-зеленых водорослей. В ряде случаев тепловое загрязнение используют в хозяйственных целях. Повышение температуры воды до 20–25⁰С

стимулирует рост и размножение водных организмов, благоприятствует рыбоводству. Так, например, на многих тепловых станциях в прудах-охладителях разводят белого амура, толстолобика, которые очищают водоемы, поедая водоросли, бурно развивающиеся в "тропических" условиях.

На территории большого города нарушение температурного режима (**тепловое загрязнение**) может наблюдаться до глубины 100–150 м и ниже. Под влиянием избыточного тепла может происходить локальное просушивание пород с изменением их прочности. С повышением температуры грунтовых вод возрастает скорость химических реакций в зоне их контакта с материалами подземных сооружений. Установлено, что скорость коррозии строительных марок стали линейно возрастает при изменении температуры от 0 до 80°C. Увеличение температуры пород и подземных вод активизирует деятельность микроорганизмов, являющихся агентами биокоррозии.

Электромагнитные излучения создают периодически меняющиеся в пространстве, электромагнитные поля, в которых переменное электрическое и магнитное поле тесно взаимосвязаны. Электромагнитные поля практически перекрывают все урбанизированные территории. С каждым годом по мере развития радиоэлектроники, роста энерговооруженности, увеличения "плотности" электротехнических и электронных агрегатов в пределах урбанизированных территорий негативное воздействие электромагнитных излучений на среду, и в том числе на человека, становится все более сильным.

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 местах размещения радиопередающих станций и других объектов интенсивность электромагнитных полей меняется в зависимости от мощности объекта, конструктивных особенностей антенных систем, высоковольтных линий электропередачи, характера размещения их над уровнем земной поверхности, рельефа местности, растительного покрова, наличия искусственных препятствий 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, в которых осложняется работа механизмов и машин, нарушается протекание биологических процессов. При высоких значениях параметров силы тока (более 1А) и длительном его воздействии почвогрунты уплотняются и превращаются в предельных ситуациях в сплошную

монолитную массу, деформируются клетки в почвенных микроорганизмах, приостанавливается их размножение, замедляются биохимические процессы. Поэтому чрезвычайно важным является устройство специальных зон вдоль линий электропередач: соблюдение специального режима сельскохозяйственных и лесохозяйственных работ в зонах влияния линий электропередач (возделывание нетрудоемких культур, минимальное применение механизмов и машин, укороченный рабочий день и т.д.).

Электрическое поле блуждающих токов в земле связано с рельсовым электротранспортом. Воздействие его выражается в повышении коррозионной активности среды. Опасность коррозии возникает при плотности блуждающих токов $5-10^{-2}$ А/м², тогда как реально наблюдаемая их плотность в городах в 200 раз выше. При высоком уровне электрического воздействия скорость коррозии стали составляет до 2 мм в год, а сроки безаварийной службы трубопроводов сокращаются вдвое.

Горные породы являются одним из естественных источников **радиационного облучения** жителей городов. От содержания в породах радионуклидов радия, тория и калия зависит как внешнее, так и внутреннее облучение людей. Внутреннее облучение в наибольшей степени связано с поступлением через органы дыхания газа **радона**, который является продуктом радиоактивного превращения радия – 226. Этот газ обладает способностью эмалировать из пород, проникать через отверстия в полу и стенах, через стыки элементов конструкций в помещения и накапливаться на первых этажах зданий.

Особенно высокие содержания радия могут быть в некоторых разновидностях гранитов и из осадочных пород – в глинистых сланцах, обогащенных органическим веществом. В зонах тектонических разломов пород выделение радона происходит более интенсивно.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды характеризуется увеличением естественного радиоактивного фона в результате использования человеком естественных и искусственных радиоактивных веществ. Значительное увеличение радиоактивного фона на Земле наблюдается в последние десятилетия. Причиной этого явились экспериментальные ядерные взрывы, работа ядерных реакторов, использование радиоактивных изотопов, добыча урановой руды, складирование радиоактивных отходов, производство и применение большого количества калийных удобрений, а в последние годы и последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Радиоактивные вещества переносятся воздушными потоками и водными течениями, животными и особенно птицами и рыбами.

Продукты радиоактивного распада могут находиться в стратосфере от 3 до 9 лет, в тропосфере – около 3 месяцев, основная масса радиоактивных веществ поступает из атмосферы на землю с

атмосферными осадками и в основном концентрируется в верхнем слое почвы толщиной 15 см. Животные организмы способны поглощать из среды обитания радиоизотопы и избирательно концентрировать их во внутренних органах. При этом радиоактивность живых организмов во много раз превышает радиоактивность среды их обитания. Так, например, радиоактивность планктонных обитателей в 50 тыс. раз выше, чем воды, в которой они живут, а концентрация радиоактивного фосфора у пресноводных рыб в 20–30 раз, а у водоплавающих птиц в 50 раз выше, чем в водоеме.

Наиболее острой современной проблемой, связанной с радиоактивным загрязнением окружающей среды, является эксплуатация *атомных электростанций* (АЭС). Радиационная опасность размещения АЭС в системах расселения в непосредственной близости от городов связана с двумя главными факторами – аварийной опасностью и ликвидацией радиоактивных отходов. До Чернобыльской катастрофы второму фактору придавалось значительно большее значение, чем первому, и не только из-за сложности организовать безопасное захоронение радиоактивных отходов, но и из-за трудностей их перевозки. Возможность аварий на АЭС допускалась (а они имели место, как, например, авария на АЭС "Три Май Айлэнд" в США), но по мере того, как атомная энергетика все более развивалась и число АЭС во всем мире быстро увеличивалось, сознательно преуменьшалась проблема ликвидации радиоактивных отходов.

Ведомства по использованию атомной энергии в мирных целях всячески пропагандировали экологическую "чистоту" атомной энергетики, доказывая возможность строительства ядерных реакторов в крупных городах, их пригородных зонах. Разрабатывались проекты атомных котельных, общественности внушалась мысль о необходимости пространственной интеграции атомной энергетики с урбанизированными территориями, о безопасности ее тесного соседства с очагами цивилизации и городской культуры. Справедливости ради надо сказать, что в градостроительстве подобное мнение о "безвредности" ядерной энергетики чаще всего сочувствия не встречало. Тем не менее, АЭС достаточно активно строились и места их размещения, как правило, со специалистами-градостроителями никто не согласовывал. Так была построена Ростовская (Цимлянская) АЭС на просадочных лессовидных суглинках, Армянская АЭС на тектоническом разломе, начато строительство Крымской АЭС на Арбатской стрелке в Крыму в зоне значительной сейсмической активности и т.д.

26 апреля 1986 г. произошла самая крупная и тяжелая за всю мировую историю использования атомной энергии Чернобыльская авария, которая по долгосрочным биосферным последствиям является одной из

самых масштабных глобальных катастроф современности, а для нашей страны и других стран СНГ подлинным национальным бедствием. Катастрофа поражает своими масштабами – полностью загрязнена территория, равная Бельгии или Нидерландам, два с половиной миллиона человек оказались в зоне радиоактивного загрязнения. Самое страшное, что последствия Чернобыльской катастрофы будут ощущаться вечно, а жить в пределах зараженной радионуклидами территории можно будет лет через 300, не ранее.

Сейчас мало у кого сохранилась уверенность в возможности строительства АЭС в плотнозаселенных районах. После Чернобыльской катастрофы градостроительные принципы размещения АЭС должны быть коренным образом пересмотрены, а требования к работе ядерных объектов многократно ужесточены. Но проходит время, и ведомственные интересы постепенно снова берут верх. Намечается строительство новых АЭС и притом в достаточно плотно заселенных районах.

Вопросы для самопроверки

- 1. В чем особенность шумового загрязнения в городе?*
- 2. Чем характеризуется электромагнитное излучение в условиях города?*
- 3. Какова сущность радиоактивного загрязнения?*

9. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Урбанизация, с одной стороны, ведет к повышению уровня жизни и снижению общей заболеваемости городских жителей, а с другой стороны, к появлению новых заболеваний, многие из которых отличаются хроническим, длительным течением. Горожане чаще, чем сельские жители, страдают сердечно-сосудистыми, легочными, онкологическими заболеваниями, а также болезнями центральной нервной системы. Уровень заболеваемости болезнями органов кровообращения, нервной системы, респираторными недомоганиями в городе в 1,5–2 раза выше, чем на селе. Причем этим болезням чаще подвержены недавние выходцы из села, а коренные жители городов адаптировались к высоким физическим, химическим и психологическим нагрузкам, характерным для современного крупного города.

Трудно во всех случаях достаточно четко определить "долю" каждого из множества негативных городских факторов, влияющих на состояние здоровья населения. "Вклад" их в нарушение жизненных функций организма человека различен. Тем не менее, в целом состояние здоровья людей, подвергающихся стрессовым нагрузкам в городе, в том числе и обусловленным нарушениями в окружающей среде, может в известной мере служить своеобразным индикатором оценки комплексного воздействия экологических факторов, а следовательно, и экологической ситуации в тех или иных городах или системах расселения.

Качество жизни населения складывается из состояния окружающей природной среды и *совершенно очевидно, что растительность и животный мир выступают самыми главными индикаторами окружающей среды.*

Климатические факторы. Важнейшая характеристика городской среды – микроклимат города, состояние которого определяется в значительной мере антропогенным воздействием на окружающую среду и прежде всего ее загрязнением. Оно оказывает влияние на освещенность, количество поступающей от Солнца ультрафиолетовой радиации, влажность, количество осадков, частоту образования тумана.

Один из важных компонентов микроклимата, оказывающих заметное влияние на организм человека – температурный режим воздуха. Средняя годовая температура в городе на несколько градусов выше, чем за его пределами. Продолжительность периода с положительными температурами в крупном городе значительно больше, чем на окружающих его территориях. Температурные различия между центром и периферией в городах определяются площадью города и плотностью

населения. Повышение среднесуточных температур в центрах городов обусловлено скапливанием в воздухе аэрозолей, препятствующих ночному излучению, активной аккумуляцией тепла застройкой. В целом тепловая энергия, выделяемая крупным городом, весьма значительна и достигает 5% солнечной энергии, поступающей на территорию города. В летнее время в городах могут образовываться так называемые "острова жары", которые могут стать причиной повышенной смертности населения преимущественно старших возрастных групп (в особо тяжелых случаях при температуре воздуха более 40⁰С смертность возрастает в два–три раза и более).

В городах снижается величина ультрафиолетовой радиации (в среднем до 20%, что отрицательно влияет на людей – повышенная усталость, раздражительность, ухудшенный обмен веществ и т.д.). Повышается бактериальная загрязненность воздуха. Понижается относительная его влажность (до 8%), растет число дней с туманами, а следовательно, возрастает опасность возникновения смога.

В городах больше безветренных дней, ниже атмосферное давление и скорость ветра, что ведет к *застойным явлениям*, сильному загрязнению воздушного бассейна и повышенной заболеваемости населения болезнями органов дыхания.

Химические факторы. Химическое загрязнение городской среды обусловлено главным образом *технологическими выбросами промышленности и городского транспорта*. Пыль, различные аэрозоли и газы оказывают вредное воздействие на все жизненно важные органы человека и в первую очередь органы дыхания. "Вклад" загрязненного городского воздуха в возникновение заболеваний органов дыхания составляет 20%, кровообращения – 9%, психических расстройств – 8%.

При этом особенно страдают дети, у которых чаще всего отмечаются заболевания верхних дыхательных путей, хронические заболевания носоглотки, кариес зубов, а также аллергические заболевания. Установлено, что заболеваемость детей респираторными заболеваниями в зоне влияния металлургического комбината в 1,5 раза, а болезнями нервной системы в 2 раза выше, чем в сравнительно "чистых" городах.

С повышением уровня загрязнения воздуха связаны обострения бронхиальной астмы. В одном из японских городов смертность от бронхиальной астмы и хронического бронхита, синхронно возрастая с все большим загрязнением атмосферного воздуха, резко снизилась в результате проведения мер по охране воздушного бассейна.

Основными загрязнителями большинства индустриальных городов являются диоксид углерода, угарный газ, окислы серы и азота, химические оксиданты и тяжелые металлы. Все эти вещества могут вызвать астму, бронхиты, пневмонию и рак. Особую опасность представляет

возникновение экстремальных ситуаций и, в частности, *смог*. Эти случаи многократно описаны в литературе (Лондон, Донора, Лос-Анджелес и др.). Весьма вредны фотохимические смоги, важным компонентом которых является озон. Обладая высокой окислительной способностью, озон вызывает тяжелые изменения в легких повышая чувствительность легочной ткани к разного рода инфекциям. Пагубно отражается на здоровье населения загрязнение воздуха *пылью* и *аэрозолями*. Особенно опасны для здоровья людей твердые взвешенные частицы мелких фракций диаметром менее 2,5 мкм.

Особенно тяжелые последствия вызывает загрязнение воздушного бассейна городов *мутагенными* и *канцерогенными* веществами, выделяемыми коксохимическим, нефтехимическим, химическим производствами. К таким веществам относятся различные нитросоединения, бензпирен-3,4, другие ароматические углеводороды, формальдегид, асбест, радон и др. При этом особенно опасен асбест, поскольку его вредное воздействие на организм человека связано не только с выбросами, но и длительным использованием асбестовых деталей – отделочных и кровельных материалов, декоративных изделий, огнеупорной пропитки деревянных конструкций, тканей и спецодежды, асбестоцементных труб и т.д.

В загрязнении воздушного бассейна городов велика роль автомобильного транспорта (в некоторых западных городах до 90% от всех загрязнений атмосферного воздуха). Самым массовым и опасным загрязнителем при этом является окись углерода. Ее негативное воздействие ощущают на себе прежде всего люди с заболеваниями сердца и сосудов. При хроническом отравлении человеческого организма свинцом (тоже весьма "весомым" компонентом отработавших газов) возникают расстройства центральной и периферийной нервной системы. Окислы азота, озон и другие вещества, выделяемые двигателями внутреннего сгорания (особенно дизельными), также могут вызвать различные заболевания легких. Автотранспорт выделяет также канцерогены (углеводороды), нитроарены, обладающие мутагенными свойствами. Отработанные пары дизельного топлива действуют как нейродепрессанты. Вредны также формальдегид и другие опасные для здоровья людей вещества.

Физические факторы. К физическим факторам, воздействующим на состояние здоровья населения, можно отнести механические, тепловые, оптические, электрические, электромагнитные, ионизирующие факторы.

Наиболее изученным из всех этих факторов является *шум*. При воздействии на организм человека интенсивного шума наблюдается стойкое понижение слуха, нарушения вестибулярных функций, невроты, заболевания сердечно-сосудистой системы (прежде всего, гипертоническая

болезнь), язвенная болезнь. Установлена зависимость частоты инфекционных заболеваний от шума. Под воздействием шума во время ночного сна у людей снижается функциональное состояние лейкоцитов в крови. Особенно опасен шум в сочетании с воздействием других антропогенных факторов и прежде всего с различными загрязнениями.

Весьма неблагоприятна для здоровья людей *вибрация*, интенсивность воздействия которой на современного человека связана с развитием технологий, должным образом не учитывающих гигиенические требования. При действии вибрации происходят изменения в сердечно-сосудистой системе (увеличение числа сердечных сокращений, увеличение артериального давления, стеснения при кровоснабжении конечностей и др.), ухудшение зрения, функций дыхания, сенсомоторных функций и др.

К *физическим факторам* воздействия на здоровье человека относят также *электрические, магнитные и электромагнитные поля*, а также *статическое электричество*.

При длительном воздействии электрического тока промышленной частоты (50–60 Гц) отмечается изменение функционального состояния нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой системы, изменение обмена веществ и другие заболевания. Имеются свидетельства о развитии под воздействием электромагнитных полей злокачественных опухолей и лейкозов.

Специфический фактор, способный отрицательно влиять на здоровье людей – *статическое электричество*. В загрязненном воздухе на твердых взвешенных частицах, которые представляют собой диэлектрики, скапливаются электрические заряды, образуя в совокупности атмосферное статическое электричество, называемое иногда "электрическим смогом". Вредное влияние статического электричества на организм человека проявляется в нарушениях сердечно-сосудистой и других жизненно важных систем. Все большее применение в последние годы электризующихся полимерных материалов в строительстве, легкой, текстильной промышленности привело к повсеместному повышению активности статических электрических полей. Негативный эффект воздействия этих полей на организм человека проявляется в снижении чувствительности к раздражителям, ослаблении кровотока, угнетении окислительно-восстановительных процессов в организме и др.

Биологические факторы. Воздействие этих факторов на организм человека обусловлено болезнетворными микроорганизмами, содержащимися и размножающимися в атмосферном воздухе, водоемах и водотоках, почвах.

Пыль и аэрозоли, заполняющие и загрязняющие воздушный бассейн городов, выступают в качестве своеобразных "транспортных средств" для различных капельных инфекций – туберкулеза, других заболеваний. При

этом имеет значение и состав твердых частиц. Например, частицы органического происхождения, имеющие волокнистую структуру и хорошо обезвоженные (в текстильной промышленности и др.), весьма часто служат надежной базой для переноса туберкулезных палочек. Напротив, древесная пыль, образующаяся при разделке сырой древесины, содержащей смолы (природные консерванты), как правило, мало способствует переносу болезнетворных бактерий.

Гораздо большее значение имеет биологическое *загрязнение поверхностных и подземных вод*. Хотя объем хозяйственно-бытовых и фекальных сточных вод намного меньше, чем промышленных, опасность загрязнения водоисточников болезнетворными организмами первых весьма велика. Методы биологической очистки сточных вод не всегда достаточны для полного их обеззараживания, в связи с чем всегда имеется реальная опасность распространения кишечных инфекций, лямблиозного холецистита и других болезней. Поэтому обеспечение городов водой питьевого качества всегда связано с необходимостью водоподготовки и не только с осветлением воды, но и ее обеззараживанием хлором, озоном или ультрафиолетовыми лучами.

Большую опасность представляет *бактериальное загрязнение почв*, особенно на территориях, где отсутствует канализация, в районах размещения свалок, животноводческих комплексов и т.д. В целом же, в отличие от химических и физических факторов, негативно влияющих на здоровье людей и намного чаще поражающих горожан, биологические факторы более активно проявляются в сельской местности (кроме переноса болезнетворных бактерий воздушными массами), на межгородских территориях, в зонах массового отдыха населения.

Вопросы для самопроверки

- 1. Какие факторы городской среды оказывают влияние на здоровье человека?*
- 2. В чем особенность влияния климатических факторов на здоровье населения?*
- 3. В чем особенность влияния химических факторов на здоровье населения?*
- 4. В чем особенность влияния физических факторов на здоровье населения?*
- 5. В чем особенность влияния биологических факторов на здоровье населения?*

10. СОХРАНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

Поддержание экологического равновесия – важнейшая задача конструктивной урбоэкологии. Даже безупречное с точки зрения комбинирования и кооперирования производств, современных методов промышленного и гражданского строительства, развитости технической инфраструктуры градостроительное решение может оказаться несостоятельным с экологической точки зрения, если в районе расселения отсутствуют условия, обеспечивающие хотя бы самовосстановление и самоочищение природной среды, то есть в известной степени равновесное состояние между природой и городом.

10.1 Понятие динамического экологического равновесия

В процессе взаимодействия с развивающимся человеческим обществом природная среда должна бесконечно длительное время сохранять (а в ряде случаев и улучшать) основные ее характеристики, от которых зависит ход наиболее важных естественных процессов на Земле – достаточную фотосинтезирующую активность автотрофных растений, воспроизводство в необходимых масштабах всех компонентов, сохранение многообразия жизни на планете, способность к самоочищению и дальнейшей эволюции. А это означает, что взаимодействие человеческого общества и природной среды должно происходить в условиях динамического гомеостаза, равновесного состояния.

Речь идет, конечно, не об абсолютном естественном равновесии, которое потребовало бы превратить всю Землю в гигантский заповедник. Развитие человеческого общества неизбежно ведет к изменению природной среды. Вместе с тем антропогенные изменения не должны носить характер катастроф, ведущих к новым экологическим кризисам. Они должны быть постепенными, обеспечивать правильное распределение и силу антропогенных нагрузок и необходимые условия адаптации к ним человека и природной среды. Такое состояние динамического гомеостаза в биосфере (в отличие от естественного равновесия) принято называть **динамическим экологическим равновесием**.

Абсолютного естественного равновесия на Земле не было и до появления человека. В условиях подобного равновесия была бы невозможна и сама эволюция биосферы. Однако природа развивается миллиарды лет, и происходящие в ней изменения для человека практически незаметны. Находящиеся в естественном равновесии экосистемы (биогеоценозы) в процессе эволюции проходят целый ряд стадий (*сукцессия*), замещение одних видов (популяций) в сукцессиях

создают благоприятные условия для других до достижения равновесия между биотическими и абиотическими компонентами. Подобная стабилизация экосистемы называется *климаксом*. Так, например, в случае вторичной сукцессии заброшенное поле через 1–2 года зарастает травой, далее в течение 15–20 лет оно бывает покрыто злаками и кустарником, затем 60–70 лет на нем растет сосновый лес и затем развивается устойчивый климаксовый широколиственный или смешанный лес. Точно так же на вырубках, где ранее были хвойные леса, сначала появляются кустарниковая растительность, затем лиственные породы (преимущественно береза и осина), сменяющиеся снова хвойными деревьями, и, наконец, лесное сообщество переходит в климаксовое состояние. Климаксовые системы обладают наибольшей биомассой, но и самой низкой продуктивностью. Поэтому хозяйственное развитие экосистем, трансформация биогеоценозов в агроценозы происходит в сторону постоянного повышения продуктивности последних, что исключает достижение экосистемой фазы климакса, т.е. многократно снижает ее устойчивость, пластичность и резистентность. То же происходит и с урбоценозами, только по причине быстрого упрощения их структуры и всё большего доминирования в них одного вида – *homo sapiens* (человека разумного). Вследствие невозможности отказа от интенсивного хозяйственного использования агро- и урбоценозов сохранение многообразия и компонентного баланса природной среды, а следовательно, и экологического равновесия все в большей степени начинает зависеть от **территориальных**, в том числе планировочно-градостроительных методов, обеспечивающих достаточное разнообразие биогеоценоза и антропогенных ценозов в пределах крупных экосистем.

Все сказанное об экологическом равновесии имеет прямое отношение к расселению и градостроительству (и не в последнюю очередь) потому, что территорию любого государства образуют районы различной величины, проведение природоохранных мер планировочного характера, в которых может оказаться весьма действенным не только для отдельной страны, но и для объектов континентального масштаба.

Для локальных объектов – районов расселения, городских агломераций и урбанизированных районов – потеря экологического равновесия может обернуться настоящей катастрофой, последствия которой нанесут огромный ущерб не только природе, но также хозяйству и социальной сфере. Поэтому поддержание динамического экологического равновесия следует считать важнейшим экологическим принципом решения конструктивных задач расселения и градостроительства, одним из фундаментальных принципов урбоэкологии.

Под **экологическим равновесием** в урбоэкологии следует понимать такое состояние природной среды урбанизированного района, городской

агломерации или отдельного города, при котором обеспечивается *саморегуляция*, надлежащая охрана и воспроизводство основных ее компонентов – атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвенно-растительного покрова, животного мира. В соответствии с этим неперенными условиями такого состояния должны быть:

- воспроизводство основных компонентов природной среды, обеспечивающее их баланс в межрайонных потоках вещества и энергии;
- соответствие степени геохимической активности ландшафтов (в том числе наличие условий для достаточно высоких темпов миграции продуктов техногенеза) масштабам производственных и коммунально-бытовых загрязнений окружающей среды;
- соответствие степени биохимической активности экосистемы района уровню антропогенных загрязнений (в том числе наличие условий для биологической переработки органических и нейтрализации вредного воздействия неорганических загрязнений);
- соответствие уровня физической устойчивости ландшафтов силе воздействия транспортных, инженерных, рекреационных и других антропогенных нагрузок;
- баланс биомассы в ненарушенных или слабонарушенных антропогенной деятельностью участках экосистемы района расселения, достаточная сложность и возможно большее разнообразие природной среды. Наличие в пределах района формирования системы расселения первого и последнего условий экологического равновесия в ряде случаев может рассматриваться как достаточно надежная гарантия осуществления всех других его требований.

При рассмотрении условий экологического равновесия на различных территориальных уровнях видна существенная разница в возможностях их реализации. На глобальном уровне все эти условия (и в этом состоит экологическая стратегия человечества) должны быть, безусловно, выполнены. Как правило, их можно выполнить и на макротерриториальном уровне (континенты, крупные страны, отдельные регионы крупнейших государств). На мезо- и микротерриториальных уровнях применительно к локальным системам расселения (агломерации, города) можно выполнить только часть условий экологического равновесия, в чем нетрудно убедиться, обратившись к приведенному ранее ориентировочному экологическому балансу абиотических компонентов природной среды хорошо озелененного крупного города (*см. табл. 3.1*).

Не говоря уже о невозможности выполнить пятое условие экологического равновесия – обеспечить в городе баланс биомассы и необходимое разнообразие элементов экосистемы, следует помнить об

огромных количествах вредных веществ, выделяемых промышленностью, транспортом, коммунально-бытовым сектором, которые даже при кардинальном изменении технологии производства еще долгие годы останутся весьма существенными. Все это свидетельствует о том, что если при решении конструктивных задач расселения и градостроительства ставить и экологические цели (что в современных условиях совершенно необходимо), то удовлетворительное решение проблемы может быть найдено лишь в рамках достаточно обширного района или крупной городской агломерации. При экологическом подходе к проблеме отдельный город как система не имеет достаточных возможностей к саморегуляции, а поэтому должен рассматриваться в единстве с достаточно обширным районом. Таким образом, той реальной *первичной территориальной основой*, на которой можно обеспечить экологическое равновесие, является *мезотерриториальный уровень*.

Многообразие урбанистических образований, объектов градостроительного проектирования, их неодинаковый экологический и демографический потенциал, разнообразие природных условий предопределяют и различные возможности для сохранения экологического равновесия в границах этих объектов. Поэтому более правильно говорить, по меньшей мере, о **трех уровнях экологического равновесия** – полном, условном и относительном.

Полное экологическое равновесие может быть достигнуто при удовлетворении всех его условий. Необходимыми предпосылками этого должны быть значительная территория района формирования системы расселения и наличие в нем достаточно сбалансированных отношений между природой и техникой, урбанизацией и естественной средой. Критерии достижения экологического равновесия этого уровня различны в разных природно-экологических зонах страны и зависят от многих конкретных условий (климата, лесистости, гидрологических условий, степени хозяйственной освоенности территории и т.д.). В целом этот наивысший уровень экологического равновесия применительно к средней полосе страны может быть обеспечен на территориях с плотностью населения не более 50–60 чел. на 1 км² и лесистостью не менее 20–30%.

Условное экологическое равновесие можно обеспечить при невыполнимости лишь первого условия. Это реально на территориях с плотностью населения не выше 100 чел на 1 км², достаточно высокой долей открытых пространств, при значительной лесистости (не менее 20 – 30%).

Относительное экологическое равновесие может быть обеспечено во всех остальных случаях. Обязательным условием при этом является удовлетворение требований соответствия геохимической и биохимической активности, а также физической устойчивости территории данного района

силе антропогенных воздействий, то есть выполнение трех из пяти рассмотренных выше условий экологического равновесия.

При обосновании того или иного уровня экологического равновесия необходимо учитывать не только возможности, но и жесткие экологические и экономические ограничения. Так, например, для того, чтобы сохранить полное экологическое равновесие в масштабе планеты, необходимо это сделать и в границах наиболее крупных стран, что неизбежно повлечет за собой стремление к достижению такого состояния природной среды в крупных регионах и т.д.

Попытки представить возможность сохранения способности природной среды в границах крупных государств к частичному гомеостазу на уровне условного или тем более относительного экологического равновесия, т.е. главным образом путем развития мощной средозащитной техники, даже если пренебречь интересами нормальной эволюции биосферы (что, конечно, само по себе ошибочно), приводят к фантастическим результатам. Например, ориентировочные расчеты применительно к бывшему СССР показали, что если бы была поставлена цель в целом по стране обеспечить нормативное состояние атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного покрова (основываясь лишь на гигиенических нормативах) исключительно путем строительства очистных сооружений, потребовалось бы затратить на эти цели несколько триллионов рублей (в ценах 1984 г.), а для обслуживания сложнейшей экологической инфраструктуры (очистные сооружения, мусороперерабатывающие заводы и т.д.) необходимо было бы привлечь не менее 6–7 млн. человек. Ясно, что, учитывая хроническую ограниченность средств и напряженную демографическую ситуацию в бывшем СССР, такая цель выглядела абсолютно нереальной. Поэтому территориальные и градостроительные методы, способствующие сохранению экологического равновесия и не требующие, как правило, специальных крупных капиталовложений, представляются особенно перспективными как с экологической, так и с экономической точек зрения.

10.2 Экологически сбалансированная структура урбанизированных территорий

Условия динамического экологического равновесия хотя и дают необходимое представление о территориальном механизме гомеостаза, все же недостаточны для того, чтобы оперировать этим понятием в практической деятельности. Использование гомеостатических принципов при планировке урбанизированных территорий становится возможным при реализации в градостроительной практике еще одного важного положения

урбоэкологии – экологически сбалансированной территориальной структуры.

В настоящее время на земном шаре насчитывается около 15 млн. поселений, занимающих (вместе с открытыми пространствами, также испытывающими на себе сильное влияние урбанизированной среды) около 9 млн км² (8% всей суши планеты), из которых более 6 млн км² приходится на города и техническую инфраструктуру. В перспективе к началу XXI века территории городов увеличатся не менее чем вдвое. Значительно возрастет и плотность населения, которая уже сейчас достигает в среднем 47–50 чел. на 1 км². Это почти предельное значение для биосферы, если не учитывать теоретически возможное в перспективе значительное увеличение ее продуктивности.

Существуют расчеты экологической, хозяйственной и психологической потребности людей в территории. Так, известный американский эколог Ю. Одум считает, что одному человеку необходимо 2 га (0,6 га пашни, 0,4 га под технические культуры, 0,8 га естественных ландшафтов, 0,2 га под промышленность и социальную инфраструктуру). При этом в среднем открытые пространства, измененные человеком ландшафты (преимущественно сельскохозяйственные и урбанизированные зоны (включая производственные, транспортные и другие инженерно-технические объекты) должны соотноситься, как 5:4:1. В соответствии с рекомендациями ФАО ООН леса на Земле должны занимать 50%, сельскохозяйственные земли – 45% и застройка – 5% территории.

Известны более конкретные рекомендации, основанные на балансе территорий различного функционального назначения в глобальном масштабе, в соответствии с которыми вся суша планеты разделяется на 12 типов зон. Эти зоны также можно сгруппировать на относительно не тронутые человеком, преобразованные (рекреационные зоны, сельскохозяйственные угодья и др.) и глубоко им измененные (урбанизированная среда). В соответствии с этими рекомендациями первый тип территорий должен занимать не менее 57%, второй – 40% и третий – 3% суши планеты и соотноситься примерно, как 5,5:4:0,5 (если учитывать, что элементы урбанизированной среды неизбежно присутствуют в первых двух типах территорий, а отдельные компоненты природы – в урбанизированной среде). Конечно, все это достаточно ориентировочные цифры. Соотношение указанных территорий будет разным в различных природно-экономических зонах, однако баланс этих территорий в масштабе планеты должен быть близким к указанному выше.

Все это свидетельствует о том, что биосферная основа расселения уже в настоящее время весьма напряжена. Это с особой силой убеждает в необходимости решения этой проблемы в рамках как глобальных общеполитических и социальных акций (сохранение мира, социальное

совершенствование общества и т.д.), так и путем проведения национальных, региональных и локальных мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов, и, что особенно важно, посредством более эффективного использования территории, ее рациональной планировочной и градостроительной организации, в том числе и экологически обусловленных решений в области расселения и градостроительства.

Человечество заселило Землю крайне неравномерно, что объясняется историческими, географическими и социальными различиями его эволюции в разных районах планеты. Широкое развертывание процессов урбанизации привело к еще большей полярности в распределении населения по территории, к концентрации его в определенных ареалах расселения. Наибольшие значения этой концентрации наблюдаются в крупных городах, городских агломерациях и урбанизированных районах, ставших ареной очень глубоких изменений в природной среде. В связи с этим особый интерес приобретают вопросы плотности населения на урбанизированных территориях, которые, в свою очередь, связаны с проблемой рационального распределения территорий различного функционального назначения.

Существует много подходов к определению "критических" антропогенных нагрузок на территорию в пределах городских агломераций и крупных городов и рационального ее использования в соответствии с потребностями населения. Большинство их них исходит или из гигиенических критериев, или из нормативов обеспеченности населения урбанизированной территории зонами различного функционального назначения. Сходимость результатов достаточно велика, хотя имеются и различия, что объясняется не столько разницей в понимании "критической" плотности населения, сколько различными подходами к определению границ агломераций.

Немецкие планировщики, например, считают "критической" плотность населения в пределах городской агломерации от 1000 чел. до 1500 чел. на 1 км². В последнем случае территории агломерации распределяются следующим образом: промышленность, города, транспортные коммуникации и т.д. – 28%, сельскохозяйственные угодья, зоны отдыха – 42%, акватории, леса, прочие земли – 30%.

ЦНИИП градостроительства был предложен норматив территории (для промышленных районов) на 1 жителя, составляющий 3–3,5 тыс. м². Существует также мнение, что плотность населения в промышленных районах, равно как и в городских агломерациях, не должна превышать 300 человек и в центральном городе – ядре агломерации – 2500 человек на 1 км².

Все эти цифры достаточно верно отражают не только необходимость дифференцированного подхода к ядру и периферийной зоне агломерации, но и реально существующие соотношения плотности населения в этих зонах. Вместе с тем, все эти рекомендации недостаточно учитывают ресурсные и общеэкологические условия, которые в конкретной ситуации значительно различаются. Поэтому весьма важным элементом анализа в любой научной и проектной работе по расселению в пределах плотнозаселенных территорий (более 50 чел. на 1 км²) является определение так называемой *демографической емкости территории*.

Выше уже говорилось о том, что экологическое равновесие может быть достигнуто лишь в весьма обширных районах. Для обеспечения такого состояния природной среды наряду с созданием системы обезвреживания и утилизации стоков, выбросов и твердых отходов в любом районе должны быть зарезервированы значительные пространства, необходимые как для организации массового отдыха, так и для сохранения и воспроизводства важнейших природных ресурсов. Поэтому задача выделения национальных и природных парков, охраняемых ландшафтов, различных почво- и водоохранных зон, образующих своеобразный природный каркас территории, становится все более важной. В то же время необходимы и зоны хозяйственного назначения. Поэтому достижение экологического равновесия связано с научно обоснованным соотношением и взаимно увязанным рациональным размещением различных территорий – от урбанизированных до охраняемых природных ландшафтов.

Теоретически этот важный вопрос достаточно глубоко разработан. Такие понятия, как "природный каркас района", "экологическая ориентация в организации территории", "новая экологическая поляризация" и другие появились в результате стремления не только обеспечить охрану редких видов растений, животных и целостных ландшафтов, но и "уравновесить" негативные последствия индустриализации и урбанизации посредством создания в непосредственной близости от городских образований территорий – противовесов с различным градостроительным и экологическим режимом. В нашей стране в этом отношении наиболее известна концепция "поляризованного ландшафта" – объективной тенденции в развитии окружающей среды, своеобразной программы ее улучшения в условиях научно-технической революции и прогрессирующей урбанизации, выдвинутая Б.Б. Родонаном. Суть этой концепции состоит в предложениях, направленных на искусственную поляризацию биосферы и техносферы в пределах достаточно обширных территорий и в закреплении за поляризованными ландшафтами определенных народнохозяйственных функций.

Развитие основной идеи концепции "поляризации ландшафта" применительно к различным территориальным уровням позволяет сформулировать основные территориально-экологические принципы решения конструктивных задач расселения и градостроительства.

Оптимизация взаимодействия урбанистических структур и окружающей среды с точки зрения обеспечения в них экологического равновесия в большой степени зависит от характера пространственной организации систем расселения, соотношения в конкретных условиях зон с различным экологическим и хозяйственным режимами, то есть от территориальной структуры расселения в крупных регионах.

Огромная территория нашей страны и ее большой экологический потенциал, как и сложившаяся достаточно равномерная в целом сеть населенных мест, позволяет реализовать и поддерживать в будущем рациональную в экологическом отношении *территориальную структуру*, которую можно назвать *экологическим каркасом пространственной организации расселения*.

Суть ее заключается в следующем. В крупных регионах должен быть обеспечен баланс обширных территорий различного назначения (в том числе и очень продуктивных с экологической точки зрения), что является как об этом было сказано выше, одной из важнейших предпосылок для сохранения в таких регионах полного экологического равновесия. При этом особый практический интерес представляет структура экологического каркаса наиболее крупных и сложных региональных систем расселения, в которых, исходя из стратегических природоохранных задач расселения, во всех случаях необходимо обеспечить полное экологическое равновесие. Поэтому при исследовании и проектировании региональных систем расселения (а тем более общероссийской системы) целесообразно рассматривать районы их формирования как территориальные системы, включающие крупные городские образования и обширные открытые пространства, которые в экологическом отношении могли бы уравновесить друг друга. Такие системы, границы которых, как правило, должны соответствовать границам региональных систем расселения, могут быть названы *биоэкономическими территориальными системами* (БТС). В БТС целесообразно выделять по крайней мере три специфических урбоэкологических зоны – а) наибольшей хозяйственной активности, б) экологического равновесия и в) буферную.

А). Зона наибольшей хозяйственной активности, включающая, помимо районов формирования систем расселения и крупных автономно расположенных городов, прочие, наиболее плотно заселенные территории (интенсивное сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых и т.д.), может быть определена расчетным путем, а режим использования ее территории установлен, исходя из совокупности экономических,

социальных и экологических потребностей региональной системы расселения с учетом дифференцированного подхода в зависимости от функционального зонирования урбанизированных территорий и других городских районов, входящих в региональную систему.

Б). Для воспроизводства важнейших природных ресурсов в БТС должны быть сохранены **зоны экологического равновесия**, размер которых также определяется расчетом, а режимы использования территории устанавливаются с учетом проведения следующих наиболее важных мер: всемерного ограничения размещения новых промышленных производств; сдерживания роста крупных городов; ограничения нового транспортного строительства запрещения всех рубок леса, кроме санитарных; расширения сети природных парков, заповедников, заказников, охраняемых ландшафтов; поддержания лесистости на уровне не менее 40–50%; проведения комплекса мероприятий по биологической и физико-химической очистке производственных и коммунально-бытовых стоков и всемерного сохранения чистоты малых рек; восстановления популяций животных и птиц, имеющих хозяйственное значение, а также редких их видов; запрещения всех видов охоты, кроме необходимых для поддержания фауны в равновесном состоянии; целенаправленного проведения мероприятий по инженерной подготовке и защите территории (в первую очередь, в зеленых и пригородных зонах городов); ограниченного применения инсектицидов, пестицидов и гербицидов, всемерного внедрения биологических и интегрированных методов борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства.

В). Во всех возможных случаях на стыке границ БТС (которые целесообразно увязывать по возможности с внешними границами зон экологического равновесия) должны быть предусмотрены **буферные зоны**, в задачу которых входит компенсация экологической неполноценности некоторых региональных систем расселения в наиболее плотно заселенных районах страны и обеспечение экологического равновесия в перспективе. Ширину таких зон, своеобразных экологических "швов" между региональными системами целесообразно принимать не менее 100–150 км.

В буферных зонах необходимо обеспечить в первую очередь расширенное воспроизводство лесного фонда с доведением лесистости не менее чем до 30%; запретить сплошные и условно-сплошные рубки леса; восстановить популяции животных и птиц и ограничить их отстрел в рамках спортивной охоты в специальных охотничьих хозяйствах; развивать сеть охраняемых ландшафтов, заповедников, заказников и природных парков. С развитием региональных систем расселения режим зон экологического равновесия следует распространить и на часть буферной зоны. В пределах наиболее крупных региональных систем такой

режим целесообразно установить уже сейчас в пригородных зонах городов, зонах активного питания рек и водораздельных лесов, а также в перспективных районах развития отдыха и туризма, не входящих в зоны экологического равновесия.

Наконец, *наименее освоенные* территории страны с *низкой плотностью* населения (преимущественно северные и восточные районы), обладающие, как правило, значительным экологическим потенциалом, целесообразно рассматривать как своеобразную **компенсационную зону**, призванную компенсировать изъятие природных ресурсов в целом в единой системе расселения страны.

При формировании экологического каркаса *пространственной организации расселения* необходимо учитывать не только региональные социально-экономические особенности, но и различия в устойчивости экосистем различных природных зон. Так, например, в арктической и тундровой зонах естественные экосистемы должны занимать не менее 98% территории, в северной зоне тайги и горных таежных районах – не менее 80–90%, в зоне южной тайги – не менее 50%, в зоне широколиственных лесов и лесостепной зоне 30–35%, в степной зоне в зависимости от конкретных условий – 20–40%. Особенно осторожно надо подходить к этому вопросу в полупустынных и пустынных зонах. Без ирригации территорию этих зон можно использовать лишь экстенсивно.

Речь не идет, конечно, об абсолютном заповедании этих территорий. В них допустима хозяйственная деятельность, не нарушающая естественных экосистем. Все эти территории (за известным исключением) должны быть сосредоточены в компенсационной, буферных зонах и зонах экологического равновесия, хотя в ряде случаев и в зонах наибольшей хозяйственной активности, по крайней мере, *одну треть территории* должны занимать именно такие пространства (природные парки, лесопарки, зоны массового отдыха, заповедники, заказники, охраняемые ландшафты и т.д.).

Для того, чтобы более четко выявить и учесть существующую функциональную специализацию территории, урбоэкологическому зонированию территории должно предшествовать ее **функциональное макрозонирование**.

Макрозонирование складывается из следующих типов территорий:

- ❖ практически не нарушенных деятельностью человека (открытые пространства, умеренно эксплуатируемые лесные массивы, охраняемые природные территории и др.);
- ❖ умеренно измененные антропогенной деятельностью (сельскохозяйственные угодья, эксплуатируемые лесные массивы и др.);

- ❖ кардинально преобразованных человеком (города и другие населенные пункты, транспортные устройства, районы открытой добычи полезных ископаемых и др.).

Территории, отнесенные к тому или иному типу в масштабе крупных регионов, определяются на основе данных космической съемки и ориентировочного баланса территории с учетом соответствующих изменений, которые можно ожидать в социально-экономическом развитии региона в обозримой перспективе. Ориентировочный баланс территорий указанных выше типов в **региональной системе расселения**, исходя из биосферных ограничений, стоящих перед соответствующей БТС, **должен быть** близким к **5:4,5:0,5**, хотя возможны и несколько иные соотношения, что зависит от конкретных природно-экономических условий региона и, прежде всего, от того, в каких широтах – высоких или низких – он расположен. Возможные отклонения следует компенсировать опережающим развитием экологической инфраструктуры.

Рассмотренная выше структура экологического каркаса пространственной организации расселения лишь иллюстрирует сам пространственный принцип экологического подхода к градостроительным структурам высшего порядка. В конкретных условиях неизбежна значительная деформация экологического каркаса на всех его территориальных уровнях, полное отсутствие в ряде случаев буферных зон, несимметричность зон экологического равновесия и планировочной структуры систем расселения разного территориального уровня, наличие и иных, специфичных для того или иного региона зон и т.д.

Приведенное зонирование в конкретных условиях должно осуществляться в соответствии с общей территориальной структурой производства и расселения, экологического каркаса страны – узлами и осями сосредоточения наибольшей экологической активности, экологическим потенциалом природных зон и районов и т.д. Иначе говоря, конфигурация урбоэкологических зон в большой мере задается сложившейся урбоэкологической ситуацией в том или ином регионе и зависит главным образом от природных рубежей и структуры сложившегося расселения.

Вопросы для самопроверки

- 1. В чем сущность динамического экологического равновесия?*
- 2. В чем особенности уровней экологического равновесия?*
- 3. Какие предъявляются требования к экологически сбалансированной структуре урбанизированных территорий?*
- 4. Какие выделяются урбоэкологические зоны в биоэкономических территориальных системах?*

11. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ

11.1 Локальные методы

Далеко не всегда (особенно в границах отдельного города) удается обеспечить требуемое экологически обоснованное соотношение территорий различного функционального назначения. Кроме того, далеко не всегда даже оптимальное соотношение таких территорий может обеспечить требуемый уровень экологического равновесия (концентрация мощных антропогенных нагрузок в небольшом числе точек, особо вредные воздействия и т.д.). В этих случаях (а практически в той или иной мере всегда) на помощь приходят мероприятия по искусственной компенсации потери экологического равновесия (природоохранные мероприятия).

В урбэкологии различают *локальные* и *территориальные методы экологической компенсации*.

Локальные мероприятия по охране окружающей среды (технологические, гигиенические, биологические и др.) – наиболее мощное средство компенсации экологической "несостоятельности" территории посредством проведения стабилизирующих и компенсационных мер. Конечно, действенность таких мероприятий пока еще недостаточно высока, но разумное и своевременное проведение комплекса мер, особенно в сочетании с территориальными (региональными) природоохранными акциями, не требующими, как правило, больших капиталовложений, уже сегодня может обеспечить стабилизацию и значительное замедление хода деградации и гибели природы.

Методы охраны каждого компонента природы по-своему специфичны, но большинство из них основано на "имитации" естественных биологических процессов самоочищения, адаптации и самовосстановления природной среды.

11.1.1 Охрана почвенного покрова и ландшафта

Главные причины нарушения верхних слоев литосферы и почвенного покрова – отчуждение земель под застройку, нарушение территорий горными выработками, эрозия и дефляция почв, загрязнение почв пестицидами и другими ядохимикатами, солями тяжелых металлов, твердыми бытовыми и промышленными отходами, психологическое "загрязнение" ландшафта.

Основной прием сокращения территорий, отводимых под застройку, – это рациональное их использование. В настоящее время в России

удельный вес территорий, не используемых для городских целей (главным образом промышленных площадей), в современных границах городских поселений составляет около 50%. Велика доля в общем балансе городских земель, так называемых неудобных территорий – более 20%. Поэтому необходим переход от прежнего, недостаточно интенсивного типа территориального развития к новому, более интенсивному его типу, при котором предусматривается уплотнение застройки до наиболее высоких нормативов, ускоренное освоение неудобных и бросовых земель, самое жесткое уплотнение промышленной и складской застройки и т.д.

Переход к **интенсификации использования городских земель** совсем не означает механического подхода к решению этой проблемы. В целом планировочная структура городов и систем расселения должна предусматривать наряду с плотнозастроенными массивами необходимые открытые пространства, экологические коридоры, зеленые клинья, соединяющие центральные части городов с лесопарками в пригородной зоне и т.д. Это не означает также уплотнения застройки в жилых районах любой ценой и отказа от широкого применения индивидуальной и высокоплотной малоэтажной жилой застройки.

Восстановление **нарушенных** территорий – единственный способ вернуть к жизни "лунные ландшафты", образовавшиеся в результате открытой добычи полезных ископаемых. Обычно проводят:

- ❖ биологическую (лесопосадки, сельскохозяйственное использование восстановленных земель),
- ❖ техническую (террасирование склонов, устройство водохранилищ на месте карьеров и т.д.)
- ❖ или комбинированную рекультивацию.

Имеется много примеров успешной рекультивации нарушенных территорий. Так, весьма интересен опыт освоения и рекультивации бурогоугольного бассейна в Рейнско-Вестфальском промышленном районе (ФРГ), ряде горнодобывающих районов США, Чехословакии и других странах.

Борьба против **эрозии и дефляции почв** ведется посредством агротехнических мероприятий (оптимальные режимы пахоты, закрепление почв полезащитными посадками, своевременное удобрение почв органическими веществами, улучшение структуры почв, введение севооборотов и т.д.), однако в городских агломерациях, где подверженность почв эрозии возрастает, неизбежны более капитальные мероприятия по инженерной защите почв, выполняемые в рамках создания единой системы инженерной подготовки района.

Загрязнение почвенного покрова **пестицидами и минеральными удобрениями** может быть уменьшено путем регламентированного применения этих препаратов (выбор менее стойких пестицидов, учет

конкретных геохимических особенностей местности и т.д.). В плотнозаселенных городских агломерациях, системах расселения целесообразно минимально использовать химические препараты и во все более широких масштабах внедрять обогащение сельскохозяйственных угодий питательными веществами за счет использования очищенных сточных вод, а также биологические методы борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства.

Рассеяние солей тяжелых металлов и токсичных веществ химической промышленности, образование антропогенных геохимических аномалий может быть уменьшено решительным совершенствованием технологических процессов в промышленности, заменой двигателей, использующих углеводородное топливо на электро- или водородные двигатели, внедрением эффективных антикоррозионных покрытий, посадками вдоль дорог деревьев, обладающих повышенной аккумулятивной способностью по отношению к свинцу (яблони, груши) и т.д. Весьма перспективны микробиологические методы добычи меди, урана, цинка, мышьяка. Например, в США около 10% меди добывается микробиологическим путем. В будущем, вероятно, широко будет применяться нейтрализация природных геохимических аномалий путем размещения в районе их проявлений тех или иных металлургических или химических производств, выделяющих именно те элементы, которых не хватает в данном ландшафте.

Ремидиация – очистка территории от опасных отходов или сдерживание их распространения в соответствии с применяемыми мерами (например, специально сконструированные для этих целей микроорганизмы).

Ремедиация загрязненных почв. В восстановлении основных физико-химических, биологических свойств загрязненных почв отводится именно ей. В зависимости от применяемых способов, она может быть фито-, биоремедиацией, физико-химической, электрокинетической и имеет особенности в технологии проведения очистки отдельных компонентов загрязнения почв.

Ремедиацию почв *различными солями* проводят в том случае, если *избыточное* содержание *солей* препятствует имеющемуся землепользованию. Единственным способом ремедиации засоленных почв является их промывка водой, когда соли растворяются в воде и вымываются на максимально возможную глубину, откуда они не смогут подниматься с капиллярными водами.

Количество воды, необходимое для ремедиации, зависит от требуемой глубины промывания почвенного профиля. Обычно оно составляет от 1,5 до 2,0 объемов воды, запасаемой в порах почвы. В пределах зоны умеренного климата количество воды для промывки

засоленных придорожных участков может быть в пределах 0,5–1,0 м³ на метр площади.

В случае умеренного засоления ремедиация почв с легким или средним гранулометрическим составом может проводиться путем посадки солевыносливых культур при добавлении до 10% по весу органических удобрений. Добавление органики увеличивает емкость катионного обмена засоленных почв и снижает токсическое действие солей. Такая 10-процентная обработка позволяет адсорбировать до 8000 кг солей на гектар.

Ремедиация щелочных почв с высоким содержанием натрия более трудоемка, чем ремедиация засоленных почв. Химической основой такой ремедиации является вытеснение натрия из почвенного поглощающего комплекса (ППК) ионами кальция. Следовательно, необходимо внесение солей кальция в почву, которые в течение определенного времени будут вытеснять натрий. Затем почва должна промываться водой для удаления вытесненного натрия из почвенного раствора.

Обычно необходимо вытеснить натрий из верхнего 30-сантиметрового слоя почвы. Кальций используется в виде его растворимых солей, например, CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, или гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). При использовании доломита, $\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3$, необходимо добавление кислоты для увеличения его растворимости и реакционной способности, поскольку обычно щелочные почвы имеют $\text{pH} > 8,5$. Порошковидные или гранулированные Са-содержащие препараты смешиваются с верхним слоем почвы. Время ремедиации составляет 3–5 лет. Внесение жидких препаратов, например, растворимых кальциевых солей, сокращает время ремедиации до 3–6 месяцев. Следует подчеркнуть, что использование хлорида кальция в качестве противогололедного препарата позволяет одновременно проводить ремедиацию щелочных городских почв, загрязненных натрием.

Ремедиация почв с высоким содержанием тяжелых металлов часто наблюдается во многих городских ландшафтах. Вдоль дорог обычно распространено загрязнение свинцом, хотя часто встречаются и геохимические ассоциации, включающие кадмий, хром, ртуть, мышьяк, никель, медь и многие другие металлы и металлоиды. Ремедиация таких загрязненных почв является весьма дорогостоящим приемом, поскольку требуется обработка больших объемов почвы, хотя ремедиация подземных вод еще более дорога. Здесь стоит вспомнить известную парадигму, что предотвращение загрязнения намного дешевле, чем его контроль и ремедиация загрязненных объектов.

Существуют различные технологические приемы ремедиации, от ремедиации на месте до полной смены почвенного покрова.

Электрокинетическая ремедиация связана с пропусканием постоянного электрического тока низкого напряжения (20–40 мА см⁻²) с

разницей потенциала в несколько вольт через почву в течение 5–10–120–150 мин, либо на месте загрязнения, когда электроды вставляются в почву, либо в специально оборудованном реакторе. При этом эффективно удаляются из почвы многие тяжелые металлы, такие, как свинец, цинк, медь, хром, мышьяк, ртуть, никель.

Промывание почвы связано с концентрированием тяжелых металлов в отдельной фракции с последующей ее обработкой. Технология вовлекает разрушение структуры почвы в потоке воды, подаваемой в почву под большим давлением. Часто используется предварительная обработка почвы поверхностно-активными веществами, которые в дальнейшем усиливают мобилизацию металлов в виде комплексов в водной фазе. Одна из таких технологий схематично показана на рисунке 11.1.

Разделение ТМ и ПАВ

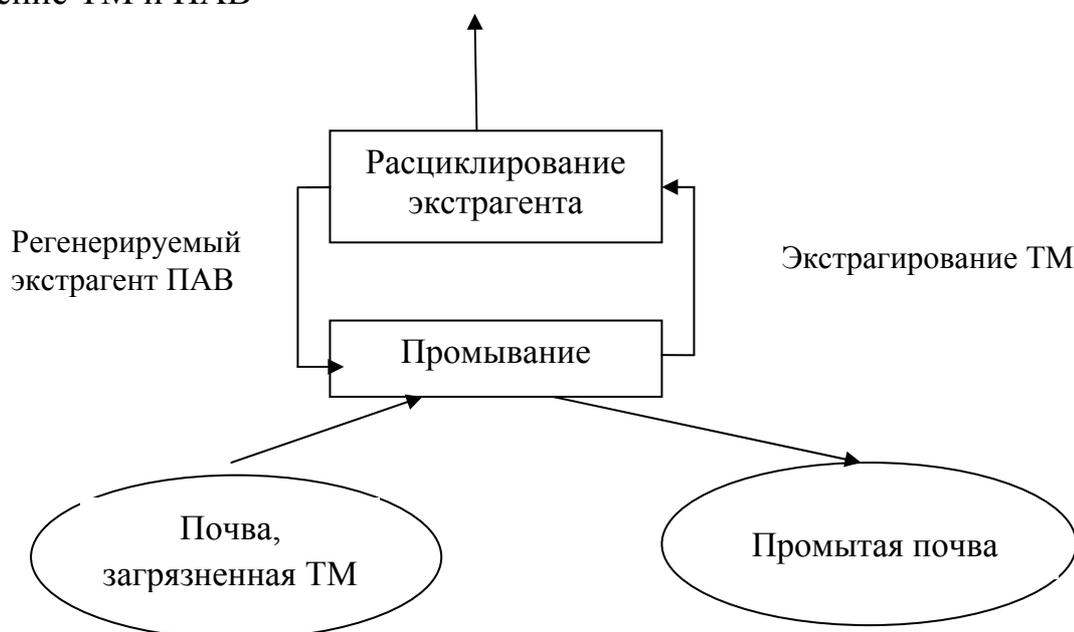


Рис. 11.1. Концептуальная схема промывания почвы для удаления тяжелых металлов (ТМ) с последующей регенерацией ПАВ и удалением металлов из водной фазы

Фиторемедиация представляет собой экологически дружественную биотехнологию для удаления тяжелых металлов из загрязненных почв и сточных вод. В общем плане фиторемедиация определяется как *использование живых растений* для удаления, удержания или трансформации загрязнителей. Различают фиторемедиацию, связанную с прямым удалением тяжелых металлов из почвы или воды, и

фитоэкстракцию, связанную с удалением металлов только из водных потоков.

Фиторемедиация протекает в два шага:

- активное поглощение тяжелых металлов корневой системой;
- транслокация ионов тяжелых металлов в надземную растущую биомассу травянистых культур.

Растения, которые могут накапливать высокие концентрации тяжелых металлов, называются гипераккумуляторами, или металлофилами. Например, гипераккумулятор *Thalasspi caerulescens* может накапливать несколько тяжелых металлов, включая Ni, Zn и Cd. В этом растении может накапливаться более 18000 мг цинка и 1000 мг кадмия на килограмм сухой биомассы без ингибирования роста. Другим примером является амарант. В металлофилах поглощаемые тяжелые металлы связываются в комплексы и инактивируются, что предохраняет биохимические и физиологические процессы от ингибирования. С помощью генной инженерии возможно улучшить ростовые процессы гипераккумуляторов или даже внедрить ген, отвечающий за накопление и связывание тяжелых металлов, в различные растения, исходно не обладающие такой способностью.

Разработаны также инженерные системы для фитоэкстракции тяжелых металлов из сточных вод. Растения высаживаются в дальней части бассейна, вдоль которого пропускают сточные воды. Дно бассейна выложено водовмещающим материалом, из которого металлы поглощаются корнями растений гипераккумуляторов и затем транслоцируются в стебли. Периодически эти стебли убираются, высушиваются, а биомасса сжигается с последующей переработкой обогащенной тяжелыми металлами золы.

Применение фиторемедиации имеет, по крайней мере, два преимущества. Во-первых, это экологически дружелюбный процесс и, во-вторых, удаление металлов из почвы происходит на месте. Фиторемедиация является относительно простым приемом очистки почв и сточных вод, не требующим дорогостоящего оборудования, значительных источников энергии и химических реагентов.

Ремедиация почв, загрязненных стойкими органическими соединениями (СОС), основана на биологических процессах и поэтому называется биоремедиацией. Конечной целью биоремедиации является биodeградация (биоразложение) токсичных СОС в нетоксичные продукты, что устраняет необходимость дальнейшей очистки почв. Биологическая деградация основана на продуцировании микроорганизмами ферментов, которые метаболизируют вещества-поллютанты. Некоторые микробы разрушают поллютанты до двуокиси углерода, воды, метана, неорганических солей и/или биомассы, из которой они используют

углерод и энергию для своего роста. Другие организмы только частично разрушают вещество (неполная деградация). Эти промежуточные продукты накапливаются и в дальнейшем могут быть деградированы иными микроорганизмами. Часто, хотя и не всегда, эти промежуточные продукты (метаболиты) менее токсичны, чем исходные вещества. Известное исключение представляет ДДТ, метаболиты биodeградации которого (ДДД и ДДЭ) являются более токсичными, чем сам ДДТ.

Деградация высокохлорированных и высокоустойчивых соединений (хлорорганические пестициды, полихлорированные бифенилы, диоксины) осуществляется в процессах *микробного кометаболизма*. *Кометаболизм* представляет собой *деградацию* вещества *микроорганизмом*, который сам не использует это соединение и продукты его деградации для получения пищи или энергии. Это связано с продуцированием ферментов широкого спектра действия, которые, наряду с метаболизмом необходимых для жизни соединений, разрушают и поллютанты. Скорость разрушения поллютантов при этом очень низкая, и процесс самоочищения зачастую очень длителен и неполон, поскольку микробная популяция не увеличивает свою биомассу или число видов за счет этого источника.

Разработаны два подхода для *селекции микроорганизмов*, способных к *биodeградации* устойчивых органических соединений:

- *оптимизация роста* консорциума микроорганизмов, уже *присутствующих и адаптированных* к данным условиям;
- *выделение природных микроорганизмов, способных деградировать определенные вещества*, или их *геноинженерия* с последующим внедрением в загрязненную среду для ремедиации почв.

Многие биотехнологические компании производят суперорганизмы совместно с питательными веществами, такими, как азот и фосфор, для оптимизации их роста в загрязненной почве. Однако в большинстве случаев приживаемость этих природных изолятов, или генетически сконструированных микроорганизмов, очень низкая, поскольку они не могут конкурировать с местными штаммами и погибают. Другие организмы, выделенные в лабораториях, могут использовать в качестве единственного источника углерода (энергии) соединения – поллютанты, например ПАУ или гербицид 2,4-Д. Однако при внесении в почву, где имеются другие, более доступные источники энергии, эти организмы быстро теряют свою способность получать энергию только из поллютантов.

Таким образом, вместо интродуцирования инородных организмов в очищаемую почву более приемлемым является оптимизация роста консорциума организмов, уже существующих в данном месте. Как отмечалось, природные микроорганизмы обладают способностью к биodeградации широкого спектра соединений и задача состоит в

активизации этой способности для деградации конкретного соединения или группы соединений. Микроорганизмы, в основном аэробные и анаэробные бактерии и грибы, играют важную роль в биodeградации СОС и очистке почв от них. Эта биodeградация может происходить в окислительных процессах при аэробных условиях или восстановительных условиях донных отложениях.

Факторы окружающей среды, которые определяют скорость биodeградации, включают такие условия, как температуру, содержание кислорода, доступные питательные вещества, рН, влажность, содержание органического вещества – источника энергии, концентрацию поллютанта и наличие других вредных соединений. Имеющиеся микроорганизмы вполне могут проявлять активность к биodeградации, и необходимо стимулировать проявление этой активности (табл. 11.1.).

Таблица 11.1

Параметры окружающей среды, стимулирующие биodeградацию пентахлорфенола

Параметры	Величина
Температура	Биodeградация начинается при температуре 0-10 ⁰ С, наиболее активна в мезофильном интервале 15-45 ⁰ С, и замедляется в термофильном, 40-60 ⁰ С
Почвенная влага	40-70% полевой влагоемкости почв
Содержание растворенного кислорода	>0,2 мг/л; минимум при содержании воздуха в почвенных порах в размере 10%
Питательные вещества (С:N:P)	100-120:10:1
рН	6-8
Численность бактерий	1*10 ³ – 1*10 ⁷ колоний на грамм почвы
Редокс потенциал	400-800 мВ для хорошо аэрируемых почв; -100-100 мВ для промежуточных почв; -300- -100 мВ для восстановительных анаэробных условий

Биоремедиация может проводиться *in situ*, с применением инженерных систем для подачи воздуха и питательных веществ и, если необходимо, для промывания почвы. В альтернативном варианте почва может вывозиться и обрабатываться в закрытых биореакторах в течение холодного периода времени.

Физико-химическая ремедиация. Озонирование полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) представляет один из современных высокотехнологичных приемов физико-химической ремедиации почв. Обычно ПАУ устойчивы к *in situ* - ремедиации, включая промывание водой и биоремедиацию. Применение озонирования позволяет очищать

почвы и от этих загрязнителей. *In situ* - озонирование основано на продувании почвы озоном, что способствует разложению ПАУ на безвредные соединения, обычно присутствующие в природных условиях. Во влажных почвах процесс протекает быстрее, чем в сухих, однако переувлажнение почв и наличие свободной воды замедляет процесс очищения, поскольку озон растворяется в воде и теряет свою окислительную активность.

Промывание почвы с поверхностно-активными веществами также является эффективной технологией для почв, загрязненных ПАУ. Удаление отдельных ПАУ, например фенантрена, достигает 90% при норме промывки 25 поровых объемов воды. Токсикологические тесты с земляным червем *Eigenia foetida* показали, что уже после 15 промывок почва была относительно безвредной (Bashkin, 2003).

Наиболее устойчивыми соединениями в почвах являются ПХБ, и применение описанных выше технологий ремедиации не позволяет получить желаемый эффект.

В этих случаях рекомендуются следующие технологии:

- **термическая десорбция** основана на улетучивании загрязнителей из почвы при ее нагревании в различного рода сушильных печах при температуре 200–500°C. Отходящие газы должны также подвергаться очистке. Этот метод также может использоваться для почв, загрязненных нефтепродуктами и хлорорганическими пестицидами;
- **сжигание почвы** представляет собой другой способ очистки загрязненных почв от наиболее стойких и опасных загрязнителей, таких, как диоксины и фураны. Этот метод чрезвычайно дорогой и приводит к полному разрушению органического вещества почв, но позволяет полностью избавиться от загрязняющих веществ. В этом случае почва должна подвергаться замене или коренному реконструированию.

Утилизация мусора в крупных городах и агломерациях затрудняется не только огромными объемами, но и неоднородностью состава. При этом в разных местностях, в разных природно-климатических зонах состав мусора может резко различаться. Так, например, содержание органических остатков (в среднем) в мусоре городов Великобритании составляет 15%, Нидерландов – 29%, Швейцарии – 50%, США – 68% и т.д. Помимо органических остатков в городском мусоре содержатся в различных пропорциях металлы, стекло, пластмассы, резина и т.д. Наиболее трудоемким является сбор и сортировка мусора.

Актуальность и сложность "мусорной" проблемы в городских агломерациях предопределили создание специальной системы ликвидации мусора, включающей комплекс операций по его сбору, накоплению,

перевозке, сортировке, утилизации и уничтожению. Наиболее широко применяется хранение мусора на свалках и полигонах, его компостирование, сжигание и пиролиз.

Свалки имеют много недостатков: они занимают большие территории, далеко не безупречны в санитарном отношении, уродуют ландшафт. В плотнозаселенных районах, а тем более в крупных городских агломерациях, свалки недопустимы и их место должны занять полигоны компостирования, сожжение и пиролиз мусора.

Компостирование является биотермическим способом обезвреживания отходов в естественных условиях под воздействием термофильных микроорганизмов, окисляющих органическое вещество, выделяя при этом значительное тепло (температура саморазогревающейся массы 60–70°C). Из 30 т компоста, вывезенного на 1 га сельскохозяйственных угодий, можно получить до 0,5 т азота, фосфора и калия, а также 1 т извести. Компостирование особенно эффективно в районах, где содержание органических веществ в мусоре значительно и имеется потребность в удобрениях

Сжигание мусора на специальных заводах получило распространение в последние десятилетия. Более 40% городов мира с населением свыше 1 млн чел. имеют такие заводы (только в США имеется более 300 мусоросжигающих заводов, обслуживающих 250 городов). Достоинством сжигания мусора является индустриальность процесса и возможность использовать мусор как энергетическое сырье. В среднем из 1 т твердых отходов можно получить 1000 кг пара и 150 кВтч. электроэнергии. Недостаток этого метода – в большом количестве тепла и шлака, а также значительном загрязнении атмосферного воздуха.

Наиболее эффективен **пиролиз** твердых бытовых отходов, являющийся одним из важнейших технологических циклов на мусороперерабатывающих заводах. Пиролиз включает в себя дробление и высушивание мусора, удаление всех неорганических фракций, нагревание остальной массы до 485 С без доступа воздуха. Из 1 т органической массы добывается 160 л искусственной низкосернистой нефти, 70 кг угля, горючие газы. Такие заводы весьма дороги и эффективны при ежегодном поступлении не менее 400–500 тыс. т отходов, т.е. в очень крупных городах и городских агломерациях.

Утилизация **твердых отходов промышленности** идет по двум основным направлениям:

- включение их в технологический цикл (т.н. малоотходное производство);
- использование отходов как сырья в других отраслях, например, в промышленности стройматериалов.

Широко используются шлаки черной металлургии (в сельском хозяйстве как суперфосфатное удобрение, строительные и дорожные материалы и, что самое главное, в качестве одного из компонентов шихты, т.е. введение их непосредственно в металлургический цикл). Поскольку технология утилизации отходов многих производств непосредственно на месте еще не разработана (цветная металлургия, многие отрасли химической промышленности и т.д.), промышленные отходы должны передаваться в другие отрасли и служить для них вторичным сырьем, главным образом в промышленность стройматериалов, которая, поглощая значительное количество отходов, не только обеспечивает прибыль, но и оказывает на окружающую среду положительное экологическое воздействие.

Охрана ландшафта от **психологического "загрязнения"** возможна лишь посредством кропотливой работы на местах, путем повышения ответственности лиц, принимающих решения за эстетический облик ландшафта, повышения общей и экологической культуры населения. Особенно актуальной, как уже говорилось, эта проблема представляется в плотнозаселенных районах.

Урбанизированный ландшафт крупной агломерации или системы расселения формируется под влиянием сложных экономических, социальных и планировочных условий. Он представляет собой совокупность различных культурных ландшафтов (от городского и субгородского до сельского и лесного), характеризующихся весьма сильной стертойостью внешних отличительных признаков и быстрым переходом одного вида ландшафта в другой. Все эти ландшафты в той или иной мере несут на себе отпечаток урбанизации. Так, например, для сельского урбанизированного ландшафта характерно наличие мощных транспортных сооружений, линий электропередач и других инженерных коммуникаций; панорамы, характерные для сельской местности, нередко замыкаются крупными промышленными объектами жилыми многоэтажными зданиями и другими крупными строениями. Лесной пригородный ландшафт также сильно отличается от природного своим парковым обликом и вкраплением значительных "окультуренных" территорий. Рост городских агломераций, все большее распространение городского образа жизни на периферийные территории, опережающая интенсификация пригородного сельского хозяйства, придающая ему черты промышленного производства, стремительная автомобилизация – все это в значительной степени изменяет пригородные природные и культурные ландшафты. При этом ландшафт, как правило, теряет те качества, которые необходимы для экологически полноценной жизни. Однако при правильном планомерном и упорядоченном формировании урбанизированного ландшафта влияние на него крупных культурных и

хозяйственных центров может быть использовано для существенного обогащения, благоустройства и оздоровления урбанизированных и пригородных территорий.

11.1.2 Охрана поверхностных и подземных вод

Строительство гидротехнических сооружений на Рейне, Волге, Дунае и других реках сопровождалось катастрофическими экологическими последствиями, поскольку нарушение гидравлического режима рек изменяет степень аэрации и снабжения кислородом воды в них, замедляет биологические и биохимические процессы в водной среде, способность ее к естественному самоочищению. Прямые забетонированные каналы, расчленяющие пойму и являющиеся чужеродным телом в окружающем ландшафте, не должны заменять собой меандрирующих речек и ручьев. Необходимо внедрять в практику гидростроительства инженерно-биологические методы – регулирование стока рек проводить с учетом естественных гидрологических, экологических и геоботанических свойств реки и поймы, сохраняя большие меандры, создавая придонные пороги для предотвращения нежелательной глубинной эрозии, охраняя и приумножая растительность по берегам рек. Все это способствует повышению биохимической активности рек и, следовательно, является неременным условием борьбы за чистую воду. При этом важно отметить, что проведение различных гидротехнических работ (спрямление русел, строительство набережных, плотин, шлюзов и т.п.) особенно характерно для урбанизированных территорий, городских и пригородных местностей, ландшафт которых более всего изменен человеком.

Решение проблемы *нейтрализации* антропогенного *загрязнения гидросферы* идет в различных направлениях – максимального сокращения сброса загрязненных стоков в водоемы и их эффективной очистки. При этом известно большое число различных комбинаций этих методов в зависимости от конкретных условий.

Совершенствование систем промышленного водоснабжения позволяет значительно снизить удельные нормы водопотребления и сократить сброс в водоемы сточных вод. В России достигнуты известные успехи в этом отношении в нефтеперерабатывающей промышленности и цветной металлургии. Так, на нефтеперерабатывающем заводе в г. Кириши на 1 т перерабатываемой нефти расходуется в 10–12 раз меньше воды, чем на заводах, работающих по старой технологии. Новые проекты нефтеперерабатывающих заводов предусматривают сокращение потребителей воды еще на порядок. Широко применяется обратное водоснабжение в целлюлозно-бумажной промышленности. В Швеции,

например, большая часть целлюлозно-бумажных предприятий работает по принципиально новой технологии, позволяющей при увеличении производства целлюлозы в 2 раза уменьшить расход воды в 3 раза, а потери целлюлозы в 7 раз.

При очистке сточных вод широко используют способность вод к самоочищению, и многие водоочистные системы работают в комбинации с последующим разбавлением очищенных стоков. В США, например, эта система принята и на перспективу. При этом ожидается, что сточные воды будут очищаться не менее, чем на 80%. Оставшиеся загрязнения будут нейтрализованы путем их разбавления чистой водой, для чего создается большое число специальных водохранилищ.

В настоящее время существует много способов очистки сточных вод, которые образуют три большие группы:

- механической,
- биологической,
- физико-химической очистки.

При этом в идеальных случаях все методы чаще всего дополняют друг друга, а очищенные сточные воды идут на вторичное использование (на орошение сельскохозяйственных культур, подпитку подземных вод и т.д.).

Механическая очистка стоков служит для удаления из них твердых и взвешенных частиц и обеспечивает нормальные условия для последующей ступени очистки – биологической. Удаление частиц осуществляется путем отстаивания или фильтрации стоков. Механическая очистка сточных вод, будучи наиболее элементарной, сравнительно дешева, но не может обеспечить надежной очистки сложных многокомпонентных стоков современных городских агломераций и крупных городов.

Сущность **биологической очистки** состоит в искусственном воспроизводстве естественных условий для значительно более быстрого, чем в природе, разложения химических соединений до элементарных форм, пригодных для ввода в биологический кругооборот. При этом используют свойство почвы как более сильного окислителя и биологически активного элемента, чем вода, и устраивают земледельческие поля орошения или поля фильтрации, которые дают возможность получать дополнительно сельскохозяйственную продукцию благодаря внесению со сточными водами удобрений в виде органических соединений, а также соединений азота и фосфора. Необходимость еще более активизировать процесс очистки привела к созданию аэротенков и биофильтров, в которых специальные культуры микроорганизмов (активный ил) при усиленной отдаче кислорода "справляются" с загрязнениями в 2–3 раза быстрее. Аэротенки и биофильтры занимают в

100–150 раз меньше места и значительно более производительны, чем земельные поля орошения и поля фильтрации. Биологическая (или биохимическая) очистка стоков и в перспективе останется наиболее массовым видом обезвреживания сточных вод, особенно в крупных городах и городских агломерациях, где доля хозяйственно-бытовых стоков весьма велика. Основным недостатком биологической очистки является ее малая пригодность для обезвреживания многих промышленных стоков (в частности, стоков анилино-красочной промышленности, стоков, содержащих соли тяжелых металлов и др.), а также стоков с биогенными веществами – фосфатами и нитратами. Поэтому в последние годы все большее внимание уделяется созданию и внедрению эффективных **физико-химических методов очистки** (дистилляция, вымораживание, обратный осмос и др.).

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

В настоящее время наиболее прогрессивной, особенно в крупных городах и городских агломерациях, считается **локальная физико-химическая очистка** промышленных стоков, совместная их биохимическая очистка с хозяйственно-бытовыми стоками и повторное использование очищенных сточных вод для различных нужд. Процесс физико-химической очистки сточных вод требует электроэнергии, воздуха, реагентов, активированных углей, смол. В этих условиях малые очистные сооружения неэффективны и поэтому во многих странах строятся крупные очистные станции регионального типа.

Важным направлением совершенствования водного хозяйства в промышленности является использование в качестве одного из источников технической воды городских коммунально-бытовых сточных вод. Этим решаются сразу две задачи: сокращается водозабор для нужд промышленности и снижаются объемы водоотведения коммунального хозяйства в естественные водоемы и водотоки.

В России эксплуатируются системы промышленного водоснабжения с использованием городских сточных вод в Москве, Челябинске, Липецке, других городах. Эти воды используют для подпитки охлаждающих систем оборотного водоснабжения, в некоторых технологических процессах. В настоящее время разрабатываются проекты перевода на эту систему нескольких нефтеперерабатывающих, нефтехимических, азототуковых и других заводов.

Охрана подземных вод может осуществляться пассивными и активными мерами. К *пассивным* относятся наиболее важные профилактические мероприятия: размещение городских свалок и других опасных в санитарном отношении объектов в районах с соответствующей

гидрогеологической и геологической ситуацией, контроль за использованием химических удобрений, эксплуатацией свалок и т.д. К *активным* мероприятиям, прежде всего, следует отнести сооружения защитных устройств – канав для сбора сточных вод вдоль границ зоны охраны подземных водоисточников, бетонных или глиняных замков на путях распространения сильно загрязненных стоков и т.п.

Перспективные методы охраны водоемов. Кроме основных методов очистки сточных вод, нашедших широкое применение в современной практике, в экспериментальном порядке ведутся работы по внедрению принципиально новых приемов охраны водных ресурсов. Так, открыты культуры микроорганизмов, уничтожающих углеводородные загрязнения. Освоение этого *микробиологического метода* очистки воды внушает известный оптимизм в отношении загрязнения вод рек и морей нефтепродуктами. В ряде мест практикуется продувка особенно загрязненных участков рек кислородом, что значительно снижает биологическую потребность в кислороде (БПК). Разработаны теоретические схемы управления водными ресурсами, основанные на комплексе взаимодействующих мероприятий – нагрева нижних слоев воды для лучшего перемешивания, устройства очистных станций, гидротехнических сооружений и т.д. Оптимальная комбинация всех этих технических приемов может совершенствоваться и варьироваться в соответствии с сезоном, погодой, гидрологическим регионом и т.д.

Если говорить о более отдаленном времени, то будущее, конечно, не за очистными сооружениями, по крайней мере, в сфере производства. И дело не только в том, что строительство очистных сооружений чрезвычайно дорого (до 20–30% от стоимости промышленного комплекса в целом). Главный недостаток любой системы очистки в том, что она непроизводительна, 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. Например, если на Ново-Ярославском нефтеперерабатывающем заводе (проект 1957 г.) для переработки 1 т нефти расход воды составлял 8 м³, то при проектировании Ачинского комбината с более совершенной технологией расходы воды на единицу продукции удалось сократить до 0,12 м³.

Главным в перестройке технологических процессов на малоотходный режим является максимальное сокращение водопотребления и сброса промышленных стоков или содержащихся в них загрязнений в водоем. Методы удаления из стоков примесей могут быть весьма различны:

– термический (выпаривание) – применяется в нефтехимической и химической промышленности;

– огневого обезвреживания (в химической промышленности), при котором сточные воды в распыленном состоянии вводятся в горелки, в результате чего происходит испарение минеральных веществ, некоторые другие.

Все эти методы требуют очень больших затрат энергии и наилучшим образом могут быть реализованы на базе вторичных энергетических ресурсов, которыми располагают черная металлургия, энергетика и другие отрасли.

11.1.3 Охрана воздушного бассейна

Борьба за чистоту воздуха ведется многими методами, которые условно можно разделить на пассивные и активные. К пассивным методам относятся те, которые обеспечивают относительную чистоту воздушного бассейна в данной местности (например, в местах концентрации людей), но не исключают выброс вредных веществ в атмосферу в целом. Это, главным образом, учет при размещении источников загрязнения, особенностей местности, устройство санитарно-защитных зон, сооружение высоких труб и т.д. Активные методы охраны атмосферного воздуха, напротив, направлены на то, чтобы вообще не допускать выброс в атмосферу загрязняющих веществ или существенно уменьшить их концентрацию в производственных выбросах. К таким методам можно отнести предварительную очистку топлива от примесей серы и других токсичных веществ, так называемое "облагораживание" топлива, очистку производственных выбросов от пыли, аэрозолей и вредных газов, совершенствование технологических циклов, переход к безотходным производствам и т.п. Вследствие несовершенства или недостатков тех или иных методов обычно идут на их комбинацию.

Правильное размещение промышленности в городах и городских агломерациях, учитывающее конкретные метеорологические и другие условия, обеспечивает меньшее загрязнение воздуха над местами расселения людей, хотя, конечно, никоим образом не может гарантировать чистоту воздушного бассейна в целом. Главная задача в этом отношении состоит в том, чтобы в районах с высоким метеорологическим потенциалом загрязнения не размещать промышленные предприятия высокого класса санитарной вредности.

Санитарно-защитные зоны, устраиваемые между промышленными предприятиями и жилыми районами, могут иметь ширину от 50 до 1000 м, а в отдельных случаях 6–8 км и более. Этот прием применяется весьма широко и в определенной степени обеспечивает защиту населения от вредных выбросов. Вместе с тем это пассивный и, безусловно, временный

прием, никоим образом не защищающий биосферу в целом от производственных вредностей. К тому же устройство санитарно-защитных зон в целом неэкономично, так как связано с прокладкой транспортных коммуникаций и инженерных сетей по пустой, по существу, территории, с почти полным изъятием из хозяйственной деятельности значительных пространств.

Достаточно широко также практикуется **сооружение высоких труб**, в основном на предприятиях теплоэнергетики. Высокие и мощные дымовые трубы не только обеспечивают более далекий выброс пыли и газов (и соответственно большее их рассеивание в атмосфере), но и позволяют уменьшить число более низких труб, что экономически выгодно. Переход от труб высотой 25 м к высоте 250 м приравнивается некоторыми авторами к очистке дымовых газов на 99%. Однако натурные исследования показывают, что к сооружению высотных труб в плотнонаселенных районах, городских агломерациях надо подходить осторожно, а в ряде случаев и вообще его избегать, так как максимальная концентрация вредных выбросов, нередко превышающая 5–10 ПДК, наблюдается и за 6–8 км от источника выбросов, поскольку подобные трубы сооружают на очень мощных энергетических предприятиях с ежесуточным выбросом до 200 т пыли, 600–700 т сернистого газа и 100–200 т окислов азота. Очаги сплошного поражения растительности вокруг источников выбросов такой силы наблюдались в радиусе до 8 км.

Весьма перспективна **предварительная очистка топлива** от серы, являющейся причиной образования сернистого газа, трудно поддающегося улавливанию. После пульверизации (измельчения) угля с высоким содержанием в нем серы физическими методами можно удалить из топлива значительную ее часть. Поддается очистке от серы и жидкое топливо. Стоимость "облагораживания" топлива вполне конкурентоспособна со стоимостью устройства современных фильтров и скрубберов и в среднем может составить 5–12% от расходов на основное производство.

Большое развитие в настоящее время получили методы **очистки** производственных **выбросов** от пыли и ряда других вредных примесей с применением мощных электрофильтров и скрубберов мокрой очистки газов, позволяющих достигнуть 95–99% очистки выбросов от пыли. В химической промышленности и цветной металлургии используются рукавные фильтры, обеспечивающие удаление тонкодисперсной пыли и аэрозолей. Стоимость газоочистных сооружений весьма высока. Так, например, на современном сталелитейном заводе с технологией кислородного дутья она составляет 5–8% от общей стоимости производства.

К настоящему времени разработано более 200 методов мокрой очистки дымовых газов от диоксида серы (в основном известковые методы). Методы сухой очистки получили наибольшее распространение в Японии. Для улавливания летучей золы применяются электрофилтры, "мокрые" аппараты с трубами Вентури и реже – "сухие" инерционные аппараты.

Метод **электроочистки дымовых газов от золы** считается наиболее перспективным. Электрофилтрами оснащаются все мощные электроблоки. Эффективность улавливания золы достигает здесь 99,5%.

Известны достаточно эффективные методы улавливания окислов азота и соединений серы, основанные на разложении окислов азота в тракте дымовых газов с использованием аммиака (окислы азота восстанавливаются при этом до нейтрального азота и водяных паров). Достаточно эффективны также процессы, позволяющие очищать дымовые газы одновременно от окислов азота и серы в одних и тех же аппаратах. К таким процессам можно отнести реализованный на Молдавской ГРЭС озонный метод, сущность которого заключается в том, что содержащиеся в дымовых газах малореактивные соединения (окислы азота, диоксид серы) доокисляются озоном до высших соединений, которые легко растворяются в воде, образуя соответственно азотную и серную кислоты. Уловленные кислоты нейтрализуются аммиаком, при этом образовавшиеся сульфат и нитрат аммония могут использоваться как сельскохозяйственные удобрения.

В России и за рубежом, как об этом было сказано выше, разработаны методы по способу связывания диоксида серы, в том числе аммиачный, известковый, магнезитовый, содовый и др. Однако скрубберы обладают рядом недостатков - они дороги, не вполне надежны, производят большое количество отходов, которые трудно использовать. Весьма перспективны новые тканевые филтры из термостойких материалов, а также метод высокотемпературной очистки газов.

Все вышеперечисленные приемы, осуществляемые в тех или иных комбинациях, способны значительно уменьшить вредные выбросы в атмосферу, но окончательное решение этой проблемы возможно лишь при переводе промышленности на замкнутые технологические циклы, при переходе к малоотходной технологии. Такие методы особое значение имеют в отраслях промышленности, потребляющих особенно большое количество сырья и характеризующихся токсичными, слабо поддающимися улавливанию выбросами, – химии, черной и цветной металлургии, нефтеперерабатывающей промышленности и т.п. Сернистый газ, например, может быть превращен в серную кислоту. На некоторых предприятиях налажено производство этого ценного продукта из отходящих газов. В частности, подсчитано, что, если бы улавливалась вся

диоксида серы, поступающая в атмосферный воздух в городах США, то можно было бы получать ежегодно около 23 млн т серной кислоты, т.е. почти полностью удовлетворять потребность страны в этом продукте.

Важная проблема – **утилизация тяжелых металлов**, содержащихся в некоторых производственных выбросах ртути, свинца и др. Переход на новую технологию открывает широкие перспективы значительно "экологизировать" производство. Так, бескоксый метод получения железа непосредственным восстановлением концентратов железной руды водородом в черной металлургии делает излишними доменное производство, производство агломерата и кокса и позволяет почти полностью исключить вредные выбросы в воздушный бассейн. Этот способ производства стали позволяет не только резко снизить выбросы пыли, диоксида серы, но и вернуть в технологический цикл используемые газы. Именно на основе такой технологии сооружается один из крупнейших в Европе электрометаллургических комбинатов в г. Старый Оскол. С точки зрения современной науки и техники замкнутые процессы вполне осуществимы в любой отрасли промышленности, но, помимо условий рентабельности таких производств, для их реализации потребуется колоссальное количество энергии (что опять же приводит к дополнительному загрязнению воздушного бассейна от теплоэлектростанций). Поэтому повсеместное осуществление таких циклов станет возможным, вероятно, лишь в том случае, если станет возможным практическое использование термоядерной энергии. Важнейшая проблема современных городов – растущий парк автомобилей и загрязнение воздушного бассейна выхлопными газами двигателей. Здесь работы ведутся также в различных направлениях (уменьшение мощности двигателей, изменение режимов их работы, поиски надежных конструкций наиболее "биологичных" автомобилей на водородном горючем и т.д.). Пожалуй, наиболее реально решение этого вопроса на базе создания экономичного электромобиля, хотя и эта проблема не представляется однозначной. Высказываются опасения относительно далеко небезопасной ситуации с точки зрения возникновения массивированных электромагнитных полей в результате одновременной работы миллионов электрических моторов. Кроме того, трудно сказать, насколько "чистым" будет производство энергии для "заправки" электромобилей. Не случится ли так, что загрязнение воздушного бассейна в этом случае будет не меньшим, а большим, чем при эксплуатации усовершенствованного, достаточно экономичного автомобиля? Поэтому наряду с поисками экономичных аккумуляторов, энергоносителей и двигателей для них наиболее важно обеспечить эффективную с экологической точки зрения работу огромного парка автомобилей в их традиционном исполнении.

Наибольший выброс продуктов неполного сгорания топлива наблюдается при задержках автомобилей у светофоров, стоянке с не выключенным двигателем при ожидании зеленого света, а также в начале движения и при форсированной работе мотора, поэтому большое значение для охраны воздушной среды имеют меры, способствующие устранению препятствий на пути движения автомашин. После строительства подземного тоннеля на площади Маяковского в Москве, например, содержание окиси углерода в воздухе снизилось в 6–10 раз. Электронный регулятор движения московского автотранспорта "Старт" позволяет сократить задержки транспорта у светофоров на 25%, на 8–12% сэкономить горючее, уменьшить число дорожных происшествий. Эта система позволяет из единого центра определить скорость движения транспорта на основных магистралях, регулировать режимы работы светофоров, оперативно давать картину дорожной обстановки. Система "Зеленая волна" может обеспечивать снижение загазованности воздуха на магистралях до 17% по окислам азота и на 12% по окиси углерода, на 25% снижая затраты времени на остановки у светофоров.

Отработавшие газы автомобилей обезвреживаются с помощью специальных устройств в системе выпуска двигателя автомобиля. В США получили широкое распространение каталитические двигатели, которые установлены на 18 млн автомобилей.

В России разработано устройство "Каскад", значительно снижающее содержание токсичных веществ в выхлопных газах (устройство имеет вес всего 150 г, обеспечивает снижение расхода топлива до 7% и уменьшает выброс окиси углерода на 20–40%).

Для защиты воздушного бассейна от *загрязнения выбросами автотранспорта* большое значение имеют градостроительные мероприятия, направленные на снижение концентраций отработавших газов в местах скопления людей (устройство транспортных развязок в разных уровнях, дублеров магистралей, объездных дорог, использование подземного пространства для размещения гаражей и автостоянок, свободная застройка жилых кварталов с размещением на магистрали экранирующих зданий торгового и коммунально-бытового назначения, включение в поперечный профиль улиц многорядных плотных полос зеленых насаждений и др.).

Воздействие на окружающую *среду авиационного транспорта* достигается путем уменьшения общего расхода топлива при эксплуатации самолетов (уменьшение пробега самолетов на аэродромах под собственной тягой, доставка пассажиров на посадку автобусами или конвейерами и т.д.). Идут также поиски новых конструктивных схем самолетов с лучшими аэродинамическими качествами, более экономичных типов двигателей и наиболее "чистых" энергоносителей. Несмотря на очевидные

недостатки водорода как транспортного топлива (малая плотность, низкая температура кипения), он признан наиболее перспективным. Использование же на летательных аппаратах электродвигателей может быть эффективным лишь при условии, если будут найдены легкие и энергоемкие аккумуляторы и топливные элементы.

Таким образом, предпринимаемые меры по очистке воздушного бассейна способствуют значительному уменьшению загрязнения воздуха в городах, агломерациях и других урбанистических образованиях. Однако эти загрязнения еще долгое время будут значительными вследствие роста промышленных производств и ускоренного развития энергетики, несовершенства технологических процессов и очистки выбросов. Кроме того, ожидаемый в перспективе рост энергопотребления и продолжающаяся тенденция строить дома повышенной этажности приведут не к уменьшению, а к увеличению "островов тепла" в городах, агломерациях и системах расселения. Поэтому планировочные и градостроительные приемы, способствующие охране воздушного бассейна, никогда не потеряют своей актуальности.

11.1.4 Охрана растительности и животного мира

Политика в отношении зеленых насаждений в районах интенсивного расселения должна определяться конкретными требованиями к количественной и качественной характеристике лесопосадок. К количественной характеристике относится лесистость территории, зависящая от конкретных условий. В городских агломерациях, системах населенных мест лесистость (*доля озелененных пространств* на территории), как правило, *не должна быть ниже 25-30%*. К качественной характеристике зеленых насаждений прежде всего следует отнести конфигурацию системы насаждений в плане, их состав и структуру.

Примерно 85–90% всех природных и культурных ценностей локализуется внутри естественных коридоров, которые проходят вдоль водных путей и водоразделов между ними. Проблема состоит в том, что в этих коридорах проходят и основные хозяйственные оси, сосредоточен почти весь потенциал экономической и социальной жизни, в том числе размещаются и населенные пункты. Поэтому взаимодействие природной и антропогенной составляющих в этих узловых пунктах особенно интенсивно. Следовательно, и пространственные формы такого взаимодействия должны быть не экстенсивными, а интенсивными, то есть природная среда должна быть максимально разнообразной, что поможет значительно повысить ее гибкость и устойчивость.

В пределах территорий культурного ландшафта его мозаичность должна быть максимальной. Дробное чередование залесенных и открытых пространств, неодинаково нагреваемых солнцем, летом способствует развитию выходящих потоков воздуха, что приводит в зоне избыточного увлажнения к замене обложных дождей кратковременными ливнями, уменьшению облачности и удлинению солнечного сияния.

В зоне недостаточного увлажнения чередование полей, перелесков или лесных полос способствует увеличению местных осадков. Мозаика из лесов, полян и вырубок, зарастающих молодым лесом разного возраста, в наибольшей степени способствует размножению зверей и птиц, поскольку обеспечивает им корм в разные времена года и в любую погоду. Большое внимание при этом следует уделять не только сравнительно крупным участкам открытых зеленых пространств, но и рядовым посадкам вдоль дорог, коммуникационных коридоров и т.д. Хорошим примером таких "малых форм" в природе являются живые изгороди в Великобритании – сложная смесь деревьев и кустарников, зеленых растений, где обитают мелкие млекопитающие, певчие птицы и большое число беспозвоночных.

Животные могут жить на урбанизированных территориях, в пригородных зонах, даже в городах. Все зависит от человека. При этом речь идет, конечно, не только о необходимости проведения специальных биотехнических мероприятий, но и об изменении образа мышления в общественной и частной жизни. Животные будут доверчивы к человеку, если и со стороны человека не будет агрессивных действий, не говоря уже об актах вандализма. При этом совсем необязательно заселять города всевозможными видами животных и превращать их в зоопарк. Целесообразно регулировать зооценозы урбанизированных территорий в направлении увеличения разнообразия животного мира от центра к периферии. В городах необходимо поддерживать максимальное разнообразие птиц (в Москве, например, обитает более 170 их видов), культивировать ценные в эстетическом отношении виды (крупных водоплавающих птиц, белок и т.д.), в пригородных зонах необходимо полностью запретить любительскую охоту, стремиться к разнообразию видового состава зооценозов, в том числе и некоторых хищников, которые в ряде случаев могут явиться объектом охраны. Несмотря на то, что индивидуальная стойкость хищников во много раз выше, чем, например, грызунов, сопротивляемость их популяций внешним воздействиям неизмеримо меньше. Поэтому, по выражению С.С. Шварца, – "популяцию полевков невозможно истребить, популяцию тигра нужно охранять".

Большую роль в процессе становления биоценозов урбанизированных территорий играет естественная способность к регуляции и очередности "освоения" новых мест обитания. Вот, например, как выглядят механизмы освоения урбанизированной среды птицами. В

крупных городах существует большое многообразие биотопов, пригодных для обитания различных видов птиц. Первой в районах новостроек появляется каменка, но, как только дома сдаются в эксплуатацию и строительные площадки очищаются от мусора, каменка переходит гнездиться на другие строительные площадки. На смену приходят коноплянки, способные гнездиться на маленьких деревьях, в кустарниках и т.д. Через 10–12 лет в подросших насаждениях появляются и лесные виды птиц.

Большое значение в комплексе мер по охране животного мира, наряду с конкретными биотехническими мероприятиями (устройство искусственных гнездовий и мест обитания животных, подкормка их зимой и т.д.), экологическим воспитанием населения, приобретают планировочные мероприятия и в первую очередь конкретная разработка принципов мозаичности ландшафта и их осуществление.

11.1.5 Защита окружающей среды от воздействия физических факторов

Наиболее эффективным **методом борьбы с шумом** в городах и в пределах пригородных территорий является комплексный подход к решению этой проблемы, предусматривающий увеличение расстояний от источника шума, заглубление наиболее мощных источников шума, создание соответствующих барьеров, повышение звукопроницаемости зданий и т.д.

Борьба с шумом от транспортных источников в городах ведется как по линии общих градостроительных мероприятий, предусматриваемых в архитектурно-планировочной документации, так и посредством разработки специальных шумозащитных устройств (выемок, экранов, защитных зеленых полос и т.д.). В условиях сложившейся застройки используют и различные административные меры: перераспределение движения транспортных потоков по улицам, ограничение движения в разное время суток, регулирование эксплуатируемого парка транспортных средств и т.д. Для защиты от шума внешнего транспорта сооружают обходные железнодорожные линии для пропуска транзитных поездов, размещают сортировочные станции за пределами города. Скоростные автомобильные дороги и дороги с преимущественным грузовым движением не должны пересекать селитебную территорию или же должны в ее пределах прокладываться в тоннелях и выемках.

Снижение уровня *зашумленности*, вызванной *работой промышленных предприятий*, может быть достигнуто проведением комплекса мероприятий *технологического, строительно-акустического* и

архитектурно-планировочного характера. В их основе лежит изоляция, поглощение и отражение звука, удаление жилой застройки от источников шума, экранирование.

Мероприятия по защите *от электромагнитных излучений* в основном сводятся к устройству *специальных зон*, отделяющих источник излучений от жизненно важных объектов, и *экранированию*, то есть устройству преград на пути распространения электромагнитных волн

Весьма важным представляется устройство инженерно-коммуникационных коридоров, в которых целесообразно сконцентрировать наиболее мощные инженерные сети, и в первую очередь линий электропередачи (с соблюдением необходимых защитных мероприятий и разрывов и т.д.). К сожалению, подобные коридоры создаются весьма редко, хотя экономическая и экологическая их эффективность бесспорна.

В зонах размещения радиостанций и телецентров малой мощности напряженность электромагнитного поля составляет, как правило, 60–0,1 в/м, что практически не опасно для населения. При размещении более мощных станций (а тенденция к возрастанию их мощности очевидна) границы коротковолновых передающих радиоцентров должны быть удалены от границ застройки в городах с населением более 100 тыс. жителей не менее, чем на 2 км (при мощности передатчика 0,1–5 кВт), 7 км (при мощности 5–25 кВт) и 15 км (120 кВт и более). А это уже создает достаточно сложные проблемы в планировочной организации города и в системе расселения в целом.

Помимо планировочных (пассивных) методов защиты применяются и *активные* методы, суть которых состоит в том, чтобы посредством применения электронных или механических приспособлений уменьшить облучение тех или иных участков территории и находящихся на ней людей (изменение конструкции антенных устройств, снижение мощности излучения). Снижение мощности излучения сопровождается сокращением радиуса обслуживаемой территории, что снижает эффективность действия станции. Поэтому в ряде случаев увеличивают высоту подвеса антенных устройств. К *активным защитным* средствам относятся также устройства различных *изолирующих конструкций*, *снижающих* интенсивность электромагнитного облучения, а также экранов. Отдельные виды экранов из металлических сеток или листов (в зависимости от металла, из которого они изготовлены) обеспечивают почти полную защиту от электромагнитных излучений (ослабление напряжения в 100–1000 раз).

Эффективная борьба с **тепловым загрязнением биосферы** в глобальном масштабе в настоящее время может состоять лишь в снижении объемов сжигания углеводородного топлива, совершенствовании энергетических агрегатов, повышении их экономичности, в контроле за

использованием источников энергии и за состоянием окружающей среды. Поскольку все из существующих в настоящее время и практически используемых источников энергии в той или иной степени ведут к глобальному тепловому загрязнению, окончательное решение этой проблемы возможно лишь при широком использовании солнечной энергии, самого "экологического" из основных видов энергии на Земле. При этом теоретически обоснована возможность трансформации солнечной энергии не только в тепловую, но и в значительно более экономичную химическую энергию, что станет, безусловно, реальным после окончательного решения наукой загадки фотосинтеза.

В локальном плане снижению уровня теплового загрязнения способствуют внедрение эффективных технологических процессов с меньшим энергопотреблением, изоляция природных водоемов и водотоков от искусственных бассейнов и отказ на тепловых электростанциях от "мокрых" градирен, а также внедрение конденсационно-испарительных установок воздушного типа.

Проблема защиты от **радиоактивного загрязнения** имеет два аспекта – защита населения от радиоактивной опасности работающих АЭС, радиологических лабораторий и других объектов и защиту от последствий ядерной катастрофы (взрыва ядерного боеприпаса или аварии на АЭС, по масштабам близкой к Чернобыльской трагедии). Последний аспект, несмотря на его очевидную актуальность, выходит за пределы обычной будничной практики и связан со сложнейшим комплексом исследований, проектных разработок и осуществлением конструктивных программ общенационального значения. Что же касается первого аспекта, то тут наиболее важно соблюдать режимы эксплуатации реакторов, других установок с радиоактивными веществами, а также правила, связанные со специальным зонированием.

Наиболее целесообразно размещать опасные в отношении радиоактивного излучения объекты в периферийных зонах систем расселения со строгим учетом местных метеорологических и гидрологических условий. Кроме того, вокруг АЭС устанавливаются три зоны с различным по строгости режимом:

- **контролируемая** (возможно облучение свыше 0,3 дозы, допустимой для персонала), **ширина 3 км**;
- **санитарно-защитная** (запрещено размещение производственных, жилых и культурно-бытовых объектов, не относящихся к АЭС), **ширина 13 км**;
- **наблюдаемая** – где дозы облучения населения, проживающего в ее пределах, могут несколько превышать допустимые нормативы, не нанося, однако, вреда людям и животным, **ширина 30 км**.

Хранение твердых и жидких **радиоактивных отходов** весьма сложно. Сточные воды, имеющие повышенную радиоактивность (100 кюри/л и выше), отводят в подземные бессточные бассейны или в специальные герметичные резервуары. Твердые отходы хранят в максимально концентрированном виде под строгим контролем. Места захоронения радиоактивных отходов не должны размещаться в пределах систем расселения.

Охрана окружающей среды от радиоактивного загрязнения, помимо рассмотренных мероприятий, как территориальных, так и чисто технологического характера, достигается и общепланировочными мерами, в том числе эффективным функциональным зонированием районов формирования систем расселения, оптимизацией пригородных ландшафтов, увеличением их мозаичности и т.д. Так, только защита от ветра стеной леса более чем в 30 раз снижает радиоактивное загрязнение территории.

11.2 Территориальные методы экологической компенсации

В комплексе общерайонных мероприятий по охране окружающей среды особое место занимают **территориальные методы**, поскольку именно они позволяют наиболее полно использовать потенциал самоочищения природной среды, избежать дополнительных неоправданных расходов на очистку стоков и выбросов, определить функциональное содержание и конфигурацию природного каркаса района ит.д. Кроме того, сами по себе эти методы, как правило, не требуют больших затрат на их осуществление.

11.2.1 Содержание территориально-планировочных методов

К территориально-планировочным методам экологической компенсации (комплекса мероприятий по охране окружающей среды) можно отнести очень широкий спектр научно-проектных и деятельностных процедур – от выбора места размещения нового города или крупного промышленного комплекса до установления санитарно-защитных зон между экологически небезопасными производствами и жилыми массивами в отдельных населенных пунктах. Основой территориальных методов является **зонирование территории** для различных целей (функциональное, урбоэкологическое и т.д.), анализ пространственной дислокации источников нарушения окружающей среды и выявление ареалов этих нарушений, установление соответствующих хозяйственных и экологических режимов использования различных

участков территории района. Для того, чтобы прийти к соответствующим конструктивным выводам, особенно в отношении рекомендаций по использованию территории, необходимо последовательно выполнить целый ряд разработок научно-исследовательского и проектного характера, которые, учитывая возможность их реализации, можно отнести к территориально-планировочным методам охраны окружающей среды.

Уже на начальном этапе необходим общий экологический анализ территории, включающий сравнительную характеристику экологической составляющей района, определение урбоэкологических характеристик и демографической емкости района, которые позволяют судить о современном или прогнозируемом состоянии окружающей среды, о возможностях обеспечить в районе экологическое равновесие.

Далее необходимо провести оценку территории по комплексу факторов, характеризующих современное и прогнозируемое состояние основных "средоформирующих" компонентов окружающей среды – почвенно-растительного покрова, водного и воздушного бассейна (в ряде случаев и других) по ряду природных и антропогенных факторов, наиболее существенных для того или иного компонента. Критериями оценки служат гигиенические нормативы и специальные укрупненные показатели (число штилевых дней в году, характер рельефа, водность рек, скорость их течения, плотность населения, наличие предприятий высокого класса вредности и т.д.). "Вес" каждого фактора в каждом конкретном случае определяется на основе конкретных показателей, ущербов и других материалов или посредством экспертной оценки. Результатом оценки территории обычно являются зоны с различной степенью благоприятности состояния того или иного компонента окружающей среды. Результаты покомпонентной оценки территории одновременно поступают в информационный блок, откуда их берут и для комплексной оценки территории района.

На основе оценки состояния окружающей среды, выявления проблемных отраслей хозяйства (вносящих наибольший "вклад" в загрязнение природы), проблемных компонентов природы (испытывающих наибольшие антропогенные нагрузки) составляется схема **урбоэкологического зонирования**, которая, будучи составной частью функционального зонирования района, одновременно с этим является сводным документом, в котором отображается пространственная дислокация проблемных в экологическом отношении ситуаций и ареалов.

Прогноз состояния окружающей среды на определенную перспективу дает основание для известной корректировки схемы урбоэкологического зонирования и разработки на этой основе **схемы инженерно-экологического зонирования района**, которая и кладется в основу пространственной структуры системы территориально-

планировочных и локальных технологических, гигиенических и других природоохранных мероприятий.

Конкретные территориально-планировочные мероприятия в зависимости от типа района или города могут включать предложения по формированию пространственных структур разного вида – биолого-экономических территориальных систем, эколого-градостроительных, функциональных, урбоэкологических, инженерно-экологических и других зон, элементов природного каркаса и т.д.

Поскольку выбор территориально-планировочных мероприятий связан с конкретными методиками определения различных урбоэкологических категорий, ниже более подробно рассмотрены некоторые наиболее важные понятия и методы, необходимые для формирования концепции экологической компенсации в том или ином районе.

Демографическая емкость территории. В градостроительстве долгое время было принято судить о емкости территории косвенно, на основе фактов о наличии резервных территорий для строительства. Дальнейшее развитие районной и городской планировки показало необходимость оценивать возможности районов не только по наличию пригодных для застройки земель, но и по другим факторам. Потребовалось рассматривать всю совокупность лимитирующих условий в районе, что нашло итоговое выражение в оценках емкости территории.

Важный и во многих отношениях рискованный опыт был получен в рамках задачи о численности максимально возможного перспективного населения при районной планировке Тольятти-Жигулевского промышленного района. В данном случае толчком для расчетов послужило обсуждение существовавшего какое-то время варианта размещения крупной новостройки (известной сейчас как КАМАЗ) по существу на одной площадке с Волжским автозаводом малолитражных автомобилей. Вариант исходил из представления о том, что в Тольятти с его хорошей обеспеченностью водными и территориальными ресурсами имеются предпосылки для превращения города в "советский Детройт" с населением в несколько миллионов человек.

С точки зрения технологической организации такое мнение, возможно, имело основания. Однако оно было совершенно неприемлемо по градостроительным соображениям, поскольку в непосредственной близости от г. Тольятти находится крупнейший промышленный центр г. Самара с более чем миллионным населением, и развитие по соседству нового гигантского города сопряжено с очень большими трудностями. Такой новый город в условиях Среднего Поволжья оказывался нежелательным, в частности, из-за осложнений, возникающих при формировании его пригородной зоны. Пригородные зоны крупных

городов, рассчитанные на удовлетворение ежедневных потребностей населения, занимают территории обычно в пределах изохрон 1,5–2-часовой транспортной доступности от города-центра. Пришлось бы создавать двойную нагрузку на места, где и без того ситуация с потреблением воды, производством продукции пригородного сельского хозяйства и с использованием рекреационных ресурсов значительно более напряжена, чем это предусмотрено соответствующими нормативами на перспективу. Чтобы за счет самого района удовлетворить повседневные запросы намечавшегося добавочного населения, этот район должен быть очень больших размеров, а это невозможно вследствие соседства других крупных городов. Становилось ясно, что численность населения района не должна превышать определенной величины.

Результаты комплексной оценки территории и природных ресурсов в сопоставлении с общими нормативами потребностей народнохозяйственного комплекса и населения района в площадках для промышленного и гражданского строительства, воде, рекреационных ресурсах и продуктах пригородного сельского хозяйства позволили установить ориентировочный порог развития района, его *демографическую емкость*. В основу определения такой емкости легли современные представления о возможности и целесообразности освоения тех или иных территорий, эксплуатации водных ресурсов, использования лесов и водоемов в целях отдыха, а также о возможных масштабах ведения пригородного сельского хозяйства.

Демографическая емкость территории – условный порог, достижение которого совершенно необязательно в расчетный период. Так, расчетное население в Тольятти-Жигулевском промышленном районе было значительно меньше его емкости. Демографическая емкость служит лишь своеобразным сигналом, предостерегающим от чрезмерного промышленного развития в том или ином районе. Возможны и более крупные масштабы развития некоторых районов, чем допускают их демографические емкости, но тогда такое развитие пойдет за счет определенного ущемления интересов смежных районов (что при высокой хозяйственной освоенности и плотной заселенности территории крайне нежелательно) или же за счет значительного удорожания строительства и больших затрат на охрану окружающей среды в рассматриваемом районе. *Демографическая емкость территории* – переменная величина; с течением времени в условиях научно-технического и социального прогресса, с ростом национального богатства, повышением плодородия почв и продуктивности лесов показатели демографической емкости отдельных районов будут повышаться.

Урбозокологические характеристики – общие, но весьма важные показатели экологической ситуации в районе или городе:

- а) репродуктивная способность,
- б) геохимическая активность,
- в) устойчивость к физическим нагрузкам
- г) экологическая емкость территории.

Эти характеристики, имеющие между собой тесные взаимосвязи, как и демографическая емкость территории, служат необходимой исходной базой для анализа и прогнозирования состояния важнейших компонентов природной среды, а также выступают как общие экологические ограничения при определении перспективных параметров хозяйственного развития города или района, численности его населения и, в конечном итоге, могут влиять на характер намечаемых в районе мероприятий по охране окружающей среды. *Урбоэкологические характеристики* вместе с *демографической емкостью территории* помогают формализовать и перевести на операционный уровень важнейшую природоохранную цель градостроительства – *сохранение в районе экологического равновесия*.

А. Репродуктивная способность территории – способность территории какого-либо района – объекта районной планировки воспроизводить основные элементы природной среды – атмосферный кислород, воду, почвенно-растительный покров. Определение репродуктивной способности основано на комплексной оценке и балансе территории района и достигается благодаря возможности установить продуктивность отдельных растительных сообществ, участков местности и т.д.

Для установления возможных масштабов промышленного развития районов, важное значение имеет определение коэффициента репродукции, т.е. отношение показателей репродуктивной способности территории к показателям фактического или перспективного потребления основных составляющих биосферы. При коэффициенте репродукции, равном 1, можно говорить о сбалансированном потреблении того или иного компонента природной среды. Коэффициент репродукции менее 1 характеризует район как неблагоприятный, и в этом случае необходимо предусмотреть меры для восстановления экологического равновесия в районе. Эти меры могут быть весьма разнообразны: сдерживание промышленного развития, повышение лесистости района, проведение комплекса различных природовосстановительных мероприятий и т.д.

Б. Большое значение при обосновании режима хозяйственного использования территории имеет и выявление ее **геохимической активности**, т.е. способности территории перерабатывать и выводить за свои пределы продукты техногенеза – минеральные и органические загрязнения, попадающие в атмосферный воздух, воду и почву со стоками и выбросами промышленных и энергетических предприятий, транспорта, жилищно-коммунального сектора. Геохимическую активность территории в первую очередь обуславливают интенсивность превращения

органических и минеральных веществ в почвах и на их поверхности; интенсивность превращения химических веществ в атмосфере; интенсивность выноса техногенных элементов воздушными и водными потоками за пределы соответствующих ландшафтно-геохимических систем.

В. Устойчивость территории к физическим нагрузкам характеризует сопротивляемость тех или иных ландшафтов к физическим антропогенным воздействиям (транспортные, рекреационные нагрузки и др.). Поскольку в настоящее время наиболее полно определены предельные нагрузки на ландшафт в рекреационной сфере, они и используются для определения этой урбоэкологической характеристики.

Г. Экологическая емкость территории – это максимально возможная в конкретных условиях данного района биологическая продуктивность всех его биогеоценозов, агро- и урбоценозов с учетом оптимального для данного района состава представителей животного и растительного мира. Особое значение здесь имеет установление экологической емкости естественных сообществ – биогеоценозов, где необходимо учитывать не только оптимальный состав растительного и животного мира, но и трофические цепи, минимально возможные в данных условиях численности популяций, заполнение экологических ниш, возможность интродукции полезных животных и т.д.

Конкретный выход экологической емкости определяется как плотность биомассы разного вида на единицу территории. Значение этой характеристики состоит в следующем. *Во-первых*, полноценный породный и видовой состав биогеоценозов – главная гарантия повышения их устойчивости к неблагоприятным воздействиям. В экологии, как известно, считается общепринятым, что чем сложнее биогеоценоз или экосистема, чем длиннее в них трофические цепи (цепи питания), тем лучше они противостоят различным внешним и внутренним воздействиям. *Во-вторых*, только путем достижения максимальной экологической емкости можно не только сохранить генофонд наиболее ценных растений и животных, но и сберечь их популяции. *В-третьих*, разнообразные в видовом отношении экосистемы, в том числе экосистемы преобразованных человеком ландшафтов, более всего приспособлены к антропогенным воздействиям и поэтому лучше всего соответствуют требованиям, которые предъявляют к природной среде научно-техническая революция и социальный прогресс в условиях прогрессирующей индустриализации и урбанизации.

Важно также установить коэффициент экологической емкости, для чего надо фактическую величину биомассы района поделить на его экологическую емкость. Значения этого коэффициента *менее 0,5*

свидетельствуют о сильном ослаблении экосистемы района и необходимости ее целенаправленного совершенствования.

Урбоэкологические характеристики весьма подвижны. Их можно улучшить проведением комплекса природовосстановительных мероприятий – инженерной подготовкой территории, лесотехническими, технологическими, биотехническими и другими мероприятиями, важное место среди которых занимает рациональная планировочная организация территории района.

Урбоэкологическое зонирование. Для того, чтобы обоснованно наметить первоочередные мероприятия по охране окружающей среды и своевременно учесть экологические факторы в функциональном зонировании территории района, необходимо провести ее *специальное урбоэкологическое зонирование.*

Главная задача урбоэкологического зонирования – выявление крайне неблагоприятных (критических), неблагоприятных, ограниченно благоприятных и благоприятных с точки зрения состояния окружающей среды участков территорий. Эти территории (урбоэкологические зоны) получают посредством интеграции покомпонентных рабочих схем (после их совмещения друг с другом) и специальных схем, характеризующих геохимическую активность ландшафта и его устойчивость к физическим нагрузкам и схемы антропогенных нагрузок. На первой схеме показывается геохимическая активность ландшафта, его устойчивость в относительных величинах к органическим и неорганическим загрязнениям и физическая устойчивость почв и растительности к рекреационным и другим нагрузкам, а также участки территории, где подземные водоносные горизонты надежно защищены (или, напротив, не защищены) покрывающими их породами и т.д. На вторую схему наносятся наиболее существенные антропогенные нагрузки – зоны загрязнения воздушного бассейна, участки загрязненных водотоков, подземных вод, распределение рекреационных потоков, зоны интенсивного применения пестицидов и т.д. Общие критерии выделения урбоэкологических зон приведены в таблице 11.2 (с учетом прогноза).

Результаты урбоэкологического и инженерно-экологического зонирования используют в двух направлениях – как составную часть информации о территории при ее функциональном зонировании (через схему комплексной оценки территории) и как аренду локализации и оценки экологических проблем, возникающих на рассматриваемой территории.

Схема функционального зонирования интегрирует результаты физико-географического анализа, комплексной оценки территории, градостроительного и урбоэкологического зонирования территории, анализа ее планировочной структуры.

Таблица 11.2

Критерии выделения инженерно-экологических зон, рекомендуемые направления их хозяйственного использования и характер намечаемых природоохранных мероприятий

Инженерно-экологическая зона	Соотношение важнейших компонентов природной среды			Рекомендуемый режим использования и характер природоохранных мероприятий
	бассейн		почвенно-растительный покров	
	воздушный	водный		
Крайне неблагоприятная (критическая)	–	–	–	Полное ограничение роста и стабилизация антропогенных нагрузок по всей территории зоны
	+ или*	–	–	
	–	+или	–	
	–	–	+ или*	
Неблагоприятная	–	+ или*	+ или*	Ограничение роста и стабилизация антропогенных нагрузок на компоненты природной среды, находящиеся в неблагоприятном состоянии. Проведение природоохранных мероприятий в первую очередь
	+ или*	–	+ или*	
	+ или*	+ или*	–	
Ограниченно-благоприятная	+	+	+	Стабилизация антропогенных нагрузок на элементы среды, находящиеся в наиболее тяжелых условиях. Проведение применительно к ним первоочередных природоохранных мероприятий
	+	+	*	
	+	*	+	
	*	+	+	
Благоприятная	*	*	*	Ограничения антропогенных нагрузок не требуется (за исключением охраняемых территорий и охранных зон). Природоохранные мероприятия проводятся по необходимости
	+	*	*	
	*	*	+	

Примечание: – неблагоприятная, + ограниченно благоприятная, * благоприятная

Экологические территориальные разработки должны не только помочь установить конфигурацию и размеры функциональных зон, определить их соотношения, но и быть достаточно понятными для органов власти на местах, особенно при закреплении за каждой функциональной зоной соответствующего режима использования территории. Поэтому система природоохранных мероприятий, сведенных в экологический блок (программу) – это не узкоориентированный комплекс частных процедур, а важнейший элемент формирования перспективной архитектурно-планировочной структуры района, размещения на его территории конкретных народнохозяйственных объектов, в чем выражается ее несомненная конструктивная направленность. Именно в схеме функционального зонирования, в частности, находят свое окончательное пространственное территориальное выражение взаимосвязи градостроительства и экологии. Следовательно, урбоэкологическое и инженерно-экологическое зонирование самым непосредственным образом влияет на характер использования территории, размещение производства, перспективное расселение, его качественные и количественные характеристики, тем самым участвуя в формировании архитектурно-планировочной структуры города или системы расселения.

Проблемные ситуации и ареалы. Другим направлением, в котором необходимо использовать урбоэкологическое зонирование, выступает выявление проблемных ситуаций, ареалов, пространственная локализация комплекса природоохранных мероприятий, очередность их проведения.

Проблемными ситуациями обычно называют такие локальные состояния (современные или прогнозируемые) окружающей среды или отдельных ее компонентов и факторов, которые в худшую сторону отличаются от нормативных. Масштаб локальной проблемы, таким образом, характеризует разность фактического и нормативного состояния окружающей среды. Проблемные ситуации выявляются в первую очередь в пределах крайне неблагоприятных (критических) инженерно-экологических зон, хотя по целому ряду компонентов и факторов – состоянию животного мира, радиоактивному, шумовому, электромагнитному загрязнению и т.д. – они могут проявляться и вне пределов неблагоприятных с урбоэкологической точки зрения территорий. Чаще всего проблемные ситуации возникают в уже деградировавшей природной среде. При этом характерно отметить тенденцию к своеобразной "цепной реакции" – ускоренному возникновению в очаге проявления проблемной ситуации других подобных состояний окружающей среды.

Наиболее важной характеристикой любой проблемной ситуации является ее острота, которая должна оцениваться путем комплексного рассмотрения зоны ее распространения, интенсивности проявления,

времени возникновения и длительности, обратимости последствий неблагоприятных воздействий и т.д. При этом необходимо использовать соответствующие нормативы и укрупненные показатели. Отсутствие нормативов на качество среды делает необходимым для выявления остроты проблемных ситуаций экспертные оценки. В целом острота проблемной ситуации во многом определяет как приоритетность выбора места и характера тех или иных природоохранных мероприятий, так и сроки их реализации.

Анализ остроты и локализации проблемных ситуаций позволяет выявить своеобразие их "агломерации", т.е. очаги локализации нескольких территориально-сближенных или совпадающих по месту проблемных ситуаций, называемых *проблемными ареалами*. Сложность решения экологических проблем в таких ареалах определяется суммарной остротой проблемных ситуаций, формирующих ареал, величиной ареала, а также в немалой степени способностью природной среды в его пределах противостоять физическим и химическим антропогенным нагрузкам. Ранжирование проблемных ареалов по сложности в их пределах экологической обстановки позволяет выявить наиболее актуальные "горячие точки", места локализации первоочередных мероприятий по охране окружающей среды, разработать конкретные предложения и наметить пути их реализации.

После выявления и анализа проблемных ситуаций и ареалов разрабатывается система природоохранных мероприятий. При этом рассматривается весь спектр возможных и уместных в данных конкретных условиях мероприятий (территориальных и локальных) применительно к проблемным отраслям, природным компонентам и проблемным ареалам. Поскольку "погасить" проблемную ситуацию можно различными способами, целесообразно рассмотреть несколько возможных вариантов формирования системы природоохранных мероприятий применительно как к системе в целом, так и к отдельным проблемным ареалам.

После оценки эффективности различных вариантов выбирается базовый вариант, который и берется за основу разработки системы конкретных природоохранных мероприятий. На этой стадии происходит и окончательная увязка целей (в данном случае конструктивных задач и соответствующих им мероприятий) с ресурсами. При этом в первую очередь ресурсы направляются на решение наиболее сложных и актуальных проблем.

Все эти важные вопросы находят графическое отображение на комплексной схеме охраны окружающей среды, синтезирующей пространственный и отраслевой аспекты экологической программы, которая составляется на основе рассмотренных выше урбоэкологических и гигиенических проработок и содержит наиболее важные проектные

предложения по охране отдельных компонентов природной и антропогенной среды.

11.2.2 Природный каркас района

Функциональное зонирование района расселения при реализации соответствующих режимов использования территории создает предпосылки для достижения экологического баланса. Однако такой баланс может поддерживать лишь система наиболее активных в экологическом отношении территориальных элементов природной среды – охраняемых природных территорий (национальных и природных парков, заказников, заповедников и др.), которая вместе с прочими охраняемыми объектами живой и неживой природы, озелененными коридорами (осями наибольшей экологической активности), необходимыми для защиты охраняемых объектов буферными зонами и другими элементами, может наиболее эффективно выполнять средозащитные, компенсирующие и saniрующие функции. Такая система, обладающая *наибольшей экологической устойчивостью* (условиями лесовозобновления, разнообразием биогеоценозов повышенной мозаичностью ландшафтов, большим "эффектом опушки", обеспечением условий миграции животных и т.д.) получила название **природного каркаса территории**.

В географической и экологической литературе широкое распространение получило понятие системы особо охраняемых природных территорий, которое по своей сути очень близко понятию природного каркаса района. Разница заключается лишь в более широкой трактовке последнего, поскольку природный каркас района образует не только система особо охраняемых природных территорий, являющаяся наиболее активным ядром каркаса, но и достаточно "рядовые" элементы природной среды, одновременно являющиеся весьма важными составляющими планировочной структуры района.

Обладая повышенной экологической активностью, устойчивостью, пластичностью и резистентностью, природный каркас района соотносится с природной "тканью" района, также характеризующейся известной биологической продуктивностью (сельскохозяйственные угодья, эксплуатационные леса и т.д.), как экономический каркас района (города, посадки, крупные транспортные и инженерные коммуникации и т.д.) соотносится с остальной территорией (*хинтерландом*), также выполняющей определенные социально-экономические функции. Вместе с тем природный каркас района не является абсолютно автономной категорией, выступая как существенная часть архитектурно-планировочной структуры системы расселения. Так, оси экологической

активности (долины рек, озелененные коридоры вдоль транспортных и инженерно-технических коммуникаций и др.) одновременно являются планировочными осями района или их частью, узлы экологической активности (зеленые зоны городов, например) нередко соответствуют планировочным центрам района и т.д.

Природная ситуация, как правило, в большей степени, чем архитектурно-планировочная структура, детерминирована не зависящими от человека условиями. Тем не менее, являясь существенной составляющей частью последней, природный каркас района выступает как объект градостроительных исследований и проектирования, в связи с чем особый интерес представляют вопросы о его структуре, параметрах и региональных различиях.

Природный каркас района, исходя из задач комплексного решения эколого-градостроительных требований, включает в себя площадные, линейные и точечные элементы.

Площадные элементы (*ареалы экологической активности*) – национальные и природные парки, заповедники (биосферные, эталонные, ресурсные, демонстрационные и др.), заповедные урочища, заказники (постоянные, временные, сезонные), леса I и II группы (в том числе используемые в рекреационных целях) и другие охраняемые территории. Главными задачами площадных элементов являются воспроизводство основных компонентов природной среды (атмосферного кислорода, воды, растительности, животного мира и др.), сохранение природных комплексов, характерных для данного района, выполнение социальных и эстетических задач. Именно от этих элементов главным образом зависит экологический потенциал района в целом.

Линейные элементы (оси экологической активности) – реки и их поймы, водоразделы (и особенно водораздельные леса), пограничные участки биотопов, озелененные коридоры транспортной и инженерно-технической инфраструктуры, защитные лесопосадки (полезащитные, водорегулирующие на склоновых землях, государственные лесные полосы, лесные полосы вдоль рек и водоемов, насаждения вдоль железных и автомобильных дорог и др.), специальные биотехнические коридоры и т.д. Главными задачами линейных элементов являются поддержание целостности каркаса, обеспечение перемещения подвижных компонентов природной среды, выполнение хозяйственных, социальных и эстетических функций.

Точечные элементы (*узлы экологической активности*) – зеленые зоны городов, верховые болота, охраняемые объекты живой и неживой природы, памятники материальной культуры с охранными зонами и другие объекты. Основными задачами точечных элементов являются охрана отдельных уникальных объектов природы и материальной культуры,

выполнение хозяйственных (главным образом защитных и ресурсосберегающих), эстетических и социальных функций.

При формировании природного каркаса района отдельные его элементы (зоны рекреации, защитные посадки и др.) выделяются в соответствии с имеющимися нормативами, другие определяются конкретной ландшафтно-экологической обстановкой (заповедники, заказники, памятники природы, истории и культуры).

Особо следует остановиться на необходимости создания национальных и природных парков (в том числе в непосредственной близости от крупных городов).

Если национальные парки – это объекты, организация которых определяется уникальностью и типичностью природных условий того или иного региона, то природные парки должны быть в каждой области, республике, каждом крае, каждой городской агломерации. Ориентировочно площадь природных парков должна определяться, исходя из нормы 0,1–0,2 га на одного жителя. *Общая площадь элементов природного каркаса района должна составлять не менее 15–20% от территории (областных, краевых, республиканских) систем расселения и не менее 25–30% от территории городских агломераций и других систем расселения.*

В соответствии с основными принципами экологического равновесия при формировании и пространственном размещении природного каркаса и его основных элементов должны быть выполнены следующие наиболее важные требования:

- ❖ разнообразие породного, видового, возрастного и функционального состава зеленых насаждений, способствующее усилению мозаичности ландшафта, увеличению биологической продуктивности и эффективности выполнения системой зеленых насаждений различных хозяйственных, социальных и экологических функций;
- ❖ формирование гибкой в экологическом отношении цельной системы посредством целенаправленного развития и взаимной связи ее элементов, а также контакта с соответствующими элементами природного каркаса смежных районов, обеспечивающего беспрепятственную миграцию диких животных и необходимые условия для воспроизводства и приумножения природных ресурсов, а также повышение экологического потенциала региона в целом;
- ❖ оптимальная конфигурация природного каркаса с учетом метеорологических, геоморфологических, гидрологических, транспортных, производственных и других факторов, способствующих эффективному выполнению каркасом не только общеэкологических, но и защитных функций от различных естественных и антропогенных

негативных воздействий, а также формированию полноценного с эстетической точки зрения ландшафта;

- ❖ возможность дальнейшего количественного и качественного развития природного каркаса района путем расширения номенклатуры его элементов посредством включения в систему дополнительных элементов и новых лесопосадок на неудобных, бросовых или нарушенных землях.

Формирование природного каркаса связано с учетом региональных особенностей, поскольку создание полноценной эколого-градостроительной системы в ряде случаев затруднено скудностью и низким экологическим потенциалом природной среды (пустынные и полупустынные районы, тундра и др.). В этих случаях природный каркас района выполняет в основном saniрующие функции, хотя и общеэкологическое его значение достаточно велико.

11.2.3 Природный каркас города

Влияние природных особенностей на планировочную структуру городов, использование этих особенностей для создания здоровой среды жизни горожан, обогащения архитектурно-планировочной композиции населенных мест – предмет многих специальных исследований. Ниже затронуты лишь некоторые аспекты формирования природного каркаса города, вытекающие из положения последнего в системе расселения.

Задачи формирования природного каркаса города в целом те же, что и в примере, рассмотренном выше. Вместе с тем приоритетность этих задач иная. Обеспечить полное экологическое равновесие в городе невозможно при наличии любого природного каркаса. Поэтому современные нормативы ориентированы на выполнение городскими озелененными территориями в основном гигиенических и эстетических функций. В то же время любая система зеленых насаждений, какова бы ни была ее конфигурация в плане города, выполняет и экологические задачи.

Система зеленых насаждений города, как правило, случайная совокупность небольших сохраняемых парковых, бульварных, рядовых и других зеленых насаждений, в малой степени ориентированных на то, чтобы формировать благоприятную экологическую обстановку в тех или иных частях города. Наиболее существенные недостатки такой системы, мешающие ей в полной мере выполнять функции природного каркаса, это ее неразвитость в центральных районах городов, большая автономность наиболее значительных ее элементов и оторванность от загородных открытых пространств, в том числе и от основных структур природного каркаса района. В некоторых городах (Киев, Минск и т.д.) природный

каркас выражен в достаточной мере сильно, глазным образом благодаря наличию в них водно-зеленого диаметра, пронизывающего городскую застройку и выступающего в качестве основной экологической оси, вдоль которой формируются наиболее важные элементы системы озеленения города.

Развитие природного каркаса города в условиях сложившейся застройки – чрезвычайно сложная задача, хотя минимальные возможности для этого существуют повсеместно (массовое озеленение "ничейных" земель вдоль транспортных магистралей, мест свалок, ликвидируемых баз, складов и др.). В новых городах таких возможностей, конечно, намного больше.

При формировании природного каркаса города важно учитывать следующие наиболее важные принципы:

- ❖ преемственность построения каркаса во внешнем плане (главные оси природного каркаса города должны быть логическим продолжением тех или иных элементов природного каркаса окружающего город района);
- ❖ взаимосвязанность элементов каркаса (каркас должен представлять собой не случайную мозаику различных по назначению городских зеленых насаждений, а скорее сетку экологических осей, на пересечении которых целесообразно формировать сравнительно крупные массивы зелени – центры экологической активности);
- ❖ относительную автономность отдельных частей каркаса (элементы каркаса должны проникать во все наиболее значительные структурные звенья города – жилые и промышленные районы, микрорайоны и др.);
- ❖ функциональное соответствие каркаса конкретным природным и экономическим особенностям города, что должно выражаться как в построении структуры каркаса, так и в его биологических характеристиках;
- ❖ одновременное формирование каркаса (по крайней мере, в новых городах) с городской застройкой как части архитектурно-планировочной структуры города.

Поскольку элементы природного каркаса города – это не что иное, как озелененные территории, а их биопродуктивность различна, важно хотя бы ориентировочно знать "экологический потенциал" различных элементов каркаса (табл. 11.3.).

Подходы к построению природного каркаса в городах, различных по величине, природным условиям, даже по народнохозяйственному профилю, должны быть весьма индивидуальны, что, безусловно, отразится на функциональной и планировочной структуре этого урбоэкологического образования, а также и на его чисто биологических характеристиках.

Общая площадь озеленения в городе – важный показатель, особенно в сопоставлении с другими функциональными зонами. Но с экологической

точки зрения этот показатель малоинформативен. Кроме площади зеленых насаждений, необходимо знать их биологическую продуктивность и продолжительность вегетационного периода, а также особенности планировочной структуры природного каркаса. Структуру природного каркаса города условно можно подразделить на макро-, мезо- и микроструктуру.

Таблицу 11.3

Экологический потенциал различных элементов городского озеленения [(по В.В. Мазингу) цит. по В.В. Владимирову, 1999]

Элементы и их полезные свойства	Элементы озеленения								
	цветники	огороды	газоны	аллеи	фруктовые сады	рощи без кустарников	рощи с кустарниками	жилые изгороди	прибрежные кустарники
Ветрозащита	1	1	1	3	3	5	5	5	3
Дымо- и пылезашита	1	1	2	3	3	3	5	5	3
Шумозащита	1	1	1	3	3	3	5	5	3
Защита почвы от эрозии и дефляции	2	1	3	2	3	5	5	5	5
Защита от ядохимикатов	2	1	3	2	1	3	3	3	3
Первичная биологическая продуктивность	2	3	2	3	3	3	5	3	3
Польза для почвенной фауны, грибов	1	1	2	2	3	3	5	5	5
Польза для пчел и других полезных насекомых	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Польза для открытогнездящихся птиц	1	1	1	3	3	3	5	5	5
Польза для птиц – дуплогнездиков	1	1	1	3	1	5	5	1	1
Видовое разнообразие	2	2	2	2	3	3	5	3	5
Саморегулируемость	1	1	2	2	2	3	5	3	5
Общий экологический потенциал	18	16	23	29	31	42	56	46	44

Примечание: потенциал: 5 – высокий, 3 – средний, 2 – низкий, 1 – очень низкий

Макроструктура включает в себя зеленые массивы города вне крупных жилых образований, промышленных районов, узлов внешнего транспорта. Поскольку процессы агломерирования ведут к слиянию населенных мест друг с другом, чересполосице застройки, макроструктура природного каркаса города в своем развитии проявляет тенденции к

мозаичности ее строения, на которые влияют консервативные черты коренного ландшафта – рельеф, поймы крупных рек, очертание береговой линии и др. Поэтому формирование элементов природного каркаса должно идти по линии создания зеленой зоны города, водно-зеленых диаметров, озелененных санитарно-защитных зон, а также системы "капилляров" – озелененных улиц, бульваров, защитных зеленых насаждений, соединяющих элементы макроструктуры природного каркаса с пригородными лесопарками и лесами.

Элементы **мезоструктуры** природного каркаса города – сады, скверы, аллеи, другие зеленые насаждения в пределах жилых районов и микрорайонов. В старых частях города можно выделить два типа мезоструктуры: межквартальный (аллеи, озелененные улицы, скверы) и внутриквартальный (сады, огороды, палисадники и др.). В экологическом отношении эти типы достаточно резко различаются даже при одинаковой плотности застройки – в первом случае антропогенный пресс гораздо выше (транспорт, пешеходы, собаки), во втором – больше возможностей для сравнительно спокойного развития зеленых насаждений, их возобновления и обогащения. В новых микрорайонах, с преимущественно свободной планировкой, несмотря на рост озелененных площадей, наблюдается видовое и структурное обеднение зеленых насаждений вследствие постоянного и весьма сильного антропогенного воздействия на жилую территорию.

Микроструктура природного каркаса связана с особенностями внутреннего построения и породным составом отдельных элементов озеленения – газонов, цветников, кустарников, деревьев. Ценность отдельных элементов и их сочетаний в экологическом, экономическом и эстетическом отношении часто бывает различной. Например, дорогие и эстетически ценные элементы имеют, как правило, невысокий экологический потенциал. И, напротив, большим экологическим эффектом обладают густые живые изгороди, сомкнутые группы деревьев, водоемы с богатой прибрежной растительностью. Поэтому совершенствование микроструктуры зеленых насаждений в городе должно включать в себя меры по увеличению зеленых насаждений со сложной структурой, развитие вертикального и многоярусного озеленения, всестороннего замещения "ничейных", бросовых, неудобных городских земель разного вида посадками.

Вопросы для самопроверки

- 1. Что такое экологическое равновесие?*
- 2. В чем особенность ремедиации загрязненных почв?*

3. *Каким образом очищаются сточные воды и на каких методах они основаны?*
4. *Какими методами обеспечивается очистка производственных выбросов воздуха?*
5. *Как обеспечивается защита окружающей среды от воздействия физических факторов?*
6. *Какие существуют территориальные методы экологической компенсации?*
7. *Какие вы знаете основные понятия и категории, составляющие содержание экологической компенсации?*
8. *В чем содержание понятия «природный каркас района, города»?*

12. ЭКОЛОГИЯ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯ (АРКОЛОГИЯ)

Практика строительства в последние десятилетия привела к нарушению гармонии жилища с потребностями человека. Безликость жилых полносборных зданий заводского изготовления, отсутствие связи форм жилой застройки с местными особенностями природных условий (прежде всего рельефом и растительностью), плохое благоустройство внутриквартальных и придомовых территорий, недостаточная теплозащита, инсоляция, проветриваемость, комфортность зданий и многие другие дефекты не способствуют экологизации жилой среды. Исследованиями и конструированием экологичных зданий занимается обширная область научного знания – аркология, или экология жилых, общественных и производственных зданий.

Аркология является логическим продолжением урбоэкологии, их интересы во многом пересекаются, а методы исследований совпадают. Тем не менее, это самостоятельная отрасль науки, формирующаяся на базе архитектуры и экологической науки.

12.1 Понятие об аркологии и ее содержание

Аркология – наука о взаимосвязях искусственных архитектурных объектов с окружающей средой (внешней и внутренней), о влиянии этих сооружений на здоровье населения, о методах и приемах проектирования и строительства "экологичных" зданий и сооружений.

Одна из основных задач аркологии – формирование здорового, экологически "чистого" жилища. Актуальность этой задачи обуславливается крайне напряженной экологической обстановкой в городах, необходимостью защиты людей, находящихся в зданиях, от дополнительных внутренних вредных химических и физических воздействий.

Массовое жилищное строительство далеко не экологично. В помещениях складывается неблагоприятная для человека среда вместе со строительными материалами, мебелью и оборудованием в квартиры попадают вредные для организма человека вещества, системы вентиляции не обеспечивают очистки воздуха в помещениях, нарушается шумовой режим, велики теплопотери зданий, а микроклимат в них не соответствует требованиям комфортности жилой среды. Многоэтажные здания не обеспечивают их жителям необходимой связи с земельным участком, вокруг непомерно крупных жилых домов формируются неблагоприятный микроклимат и психологическая обстановка, архитектурный облик построек не отвечает эстетическим запросам современного человека.

Внутренняя среда помещений ухудшается под воздействием роста загрязненности наружного воздуха и шума в городах. Облегченные конструкции индустриальных зданий при очевидных недостатках отопительных систем и отсутствии солнцезащитных устройств на окнах ухудшают микроклимат в квартирах. Недостаточная вентиляция помещения, теснота, отсутствие в квартирах подсобных и летних помещений, отрыв жителей от придомовых участков еще более обостряют экологические проблемы архитектуры жилища.

Изготовление бетонов с использованием вторичного сырья (шлаки, фосфогипсы и др.) повышают радиоактивный фон в конструкциях до пределов, небезопасных для человека. В практике отсутствуют контроль и средства, способные защитить жителей первого этажа от вероятного проникновения из-под земли радиоактивного газа – *радо*на. Широкое применение полимерных материалов повышает вероятность загрязнения внутренней среды продуктами их распада. Асбест, стекловата, многие типы линолеума, древесностружечных плит, лаки, краски, стиральные порошки, пластиковые материалы далеко небезопасны для здоровья людей и домашних животных.

Наряду с актуальностью использования в строительстве и архитектуре "чистых" материалов, все большее значение придается процессам воздухообмена, совершенствованию вентиляции, посредством которой вредные примеси, содержащиеся в воздухе помещений, могут быть выведены наружу. Эффективность искусственной приточной вентиляции подтверждают многие исследователи, одновременно отмечая, что ионный состав воздуха в жилых помещениях не отвечает требованиям гигиены.

Воздухообмен в помещениях взаимосвязан с теплотерями зданий. Поскольку сжигание традиционного топлива неэкологично, важна также проблема экономии энергии, то есть достижение минимальных теплотерь зданий путем проведения соответствующих архитектурно-конструктивных и инженерных мероприятий, а также использования возобновляемых источников энергии в строительстве.

Жилища загрязняют окружающую среду города. При этом жилые дома в 2,5 раза больше, чем общественные здания. Воздух загрязняется незначительно, хотя в помещениях он в 2–4 раза хуже, чем снаружи. Один 12-этажный дом загрязняет городской воздух так же интенсивно, как 2–3 легковых автомобиля. При этом важнейшей остается "мусорная" проблема (сбор, удаление и переработка твердых бытовых отходов), которая решается пока неудовлетворительно.

Важным качеством "экологического" жилища считают его связь с окружающим ландшафтом города – его архитектурой и природой. Сомасштабность жилых групп и отдельных зданий человеку,

гармоничность архитектурных ансамблей, связь их с архитектурной средой города в целом, включение в жилище элементов природы (зеленых комнат, озелененных дворики и крыш и т.п.), эстетически полноценный вид из окна квартиры на городской пейзаж – все это необходимо для сохранения здоровья людей.

Таким образом, понятие "экологическое жилище" многосторонне, чем обуславливается и многоаспектность дисциплины "аркология". Н. Ф. Реймерс в свое время наметил границы этого научного направления.

По его мнению, применительно к жилым зданиям содержание аркологии сводится к следующему:

а) домовый и приусадебный участок (внутренние дворы и дворики; служебные постройки; озеленение участка; вертикальное озеленение; животные вокруг дома; декор домов, цвет, национальная символика);

б) стеновые конструкции (теплоизоляция, ветроустойчивость, воздухопроводимость, естественная и принудительная вентиляция; эмиссия газов из стен; тяжелые и легкие ионы; пыль; радиоактивность, проблема радона; шумопоглощение и шумозащита);

в) план этажа (особенности зданий различной этажности; веранды, лоджии, балконы; ландшафтно-экологический подход);

г) планировка квартиры (экспозиция помещений, размеры окон; анфилады комнат и изолированная планировка; кухня-столовая; санитарный узел; ритуальные и традиционные объекты – камины и др.);

д) экология человеческого жилья (информационность комнаты, квартиры, дома, района; воздействие этажности и стеновых конструкций на биологию и экологию человека; тепловой комфорт, кондиционирование воздуха; объемы, размеры и высота жилых помещений, их воздействие на человека; цветовая гамма окраски стен и ее воздействие на человека; рациональная мебель, ковры; домашняя библиотека; степень изолированности и общения людей в жилище и квартале; опасность скученности населения и городская агрессивность; социальное разнообразие и его эколого-социальная роль);

е) животные и их антропоэкологическая роль (птицы, млекопитающие, рыбы, другие животные);

ж) комнатные растения и их экологическая роль;

з) коллекции в доме.

12.2 «Экологичные» здания

Повысить "экологический" эффект зданий можно различными способами. Не все из них широкодоступны, но с развитием науки и техники, а также технологий в строительстве экологичные конструкции и

методы возведения зданий применяются во все более широких масштабах, особенно в развитых промышленных странах Европы и Америки.

Энергосберегающие здания. Такими зданиями называют дома, в которых максимально используется тепловая энергия, выделяемая внутри, и предусмотрена передача теплоты наружу.

Для достижения экономии энергии предусматривают эффективные архитектурно-планировочные решения; дополнительную эффективную изоляцию наружных стен; энергосберегающие окна, форточки, жалюзи; устройство светопрозрачных теплиц на всю высоту стены или зимнего сада; обваловку части здания грунтом, герметичную заделку стыков; устройство окон с одной стороны здания; утилизацию тепла от внутренних источников с помощью тепловых насосов и аккумуляторов; динамическую теплоизоляцию наружных стен (с системой воздушных каналов внутри стены, сквозь которые проходит теплый воздух) и др.

Экономии энергии обеспечивают объемно-планировочные решения, направленные на максимальное снижение потерь тепла через ограждающие конструкции – окна в доме лучше располагать с одной (солнечной) стороны, здание в плане стараться сделать простой прямоугольной формы, площадь окон должны быть минимальной необходимой для нормального освещения. Желательно избегать сквозного проветривания через дверные и оконные проемы.

Наиболее простой и широко используемый прием сбережения тепла – устройство дополнительной теплоизоляции снаружи или внутри здания. Для теплоизоляции применяют готовые панели из искусственного (пенополистирол, пенополиуретан и др.) и естественного (минеральная вата, древесноволокнистые плиты и т.д.) материалов. Динамическая теплоизоляция наружных стен более сложная, основанная 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. При необходимости жалюзи опускают и резко повышают тепло- и звукоизоляцию стен.

Практическое значение имеет и вторичная утилизация тепла, когда приточный воздух в системе вентиляции подогревается вытяжным воздухом из помещений в теплообменниках. В индивидуальных домах применяют систему воздушного отопления, в которой теплый вытяжной воздух дополнительно подогревается в газовой установке и, проходя через теплообменник, нагревает приточный воздух.

Тепловой насос способен утилизировать тепло от наружных стен, если воздух в каналах пройдет через наружные стены, а затем его теплота будет отобрана тепловым насосом. Далее эта теплота может быть использована или поступить в тепловой аккумулятор. Утилизируется также энергия теплых сточных вод.

Расчеты показывают, что при утилизации всей энергии и безупречном проекте энергосберегающего дома не потребуется дополнительной энергии для отопления здания в течение всего года.

Гелиоэнергоактивные здания. Солнечная энергия – один из самых доступных, чистых и практически неисчерпаемых источников. Недостатком ее является то, что плотность энергии очень невелика, излучение прерывисто и зависит от метеорологических условий. Тем не менее, солнечную энергию уже сейчас используют для непосредственного преобразования в электрическую, нагревания теплоносителя и снабжения зданий горячей водой, для нагрева массивных элементов зданий и т.д.

Целесообразность использования солнечной энергии выявляется на основе комплексной климатологической характеристики района будущего строительства (солнечная радиация, облачность, температура и влажность воздуха, скорость ветра, осадки и т.д.).

Система отопления должна быть в состоянии поглощать солнечную радиацию и преобразовывать ее в теплоту, аккумулировать тепло и распределять ее в зонах отопления. При этом пассивные системы солнечного отопления работают без принудительного вмешательства, а активные системы – с помощью дополнительного источника энергии – механических установок (насосов, вентиляторов и др.).

В настоящее время получили распространение следующие виды пассивных систем солнечного отопления:

а) система *прямого облучения*, когда солнечная радиация проходит сквозь оконные стекла, задерживающие инфракрасные лучи (парниковый эффект);

б) система *"массивная стена"*, представляющая толстую стену с одной темной поглощающей поверхностью, закрытой оконным стеклом с зазором 100–120 мм, в котором циркулирует нагретый воздух;

в) система *"водозаполненных стен"* (из водозаполненных и нагреваемых солнцем контейнеров или труб);

г) система *"водоналивная крыша"*, в которой поверх перекрытия установлены емкости, окрашенные в черный цвет, служащие своеобразными аккумуляторами тепла;

д) *термосифонные* системы, в которых система для нагревания воздуха (тепловой коллектор) располагается ниже теплового аккумулятора, что позволяет его эффективно нагревать.

При проектировании и строительстве зданий с активными системами солнечного отопления необходимо обеспечить незатеняемость, рациональную форму и ориентацию домов.

Коллекторы (гелиоприемники) размещают на обращенных в южную сторону склонах кровель, на экранах лоджий, на стенах и т.д. Коллекторы могут быть *плоскими* или *фокусирующими*. *Первые* устраивают в том случае, когда потребляется сравнительно низкопотенциальная энергия или в сочетании с тепловыми насосами. *Вторые* – при необходимости получения более высоких температур или для энергоустановок с кипящей жидкостью.

Биоэнергоактивные здания. Биомасса (трава, кустарники, водоросли, деревья, сточные воды и др.) – мощный аккумулятор солнечной энергии. Она используется в качестве исходного продукта для образования биогаза или вместо традиционного топлива. Биогаз на 50–80% состоит из метана и на 20–50% – из углекислого газа. Биогаз получают в установках, основной частью которых является реактор (метантенк) вместимостью от нескольких кубических метров до нескольких тысяч кубических метров. Реакторы играют роль бродильной камеры, куда ежедневно загружают свежую биомассу, обеспечивая необходимую температуру брожения, равномерное перемешивание массы и опорожнение реактора от шлака. Полученный в реакторе газ поступает в газгольдер. Затем газ очищают от сероводорода, удаляют углекислый газ и иногда сжижают. Готовое топливо применяют в горелках систем отопления, водонагревателях, газовых плитах, холодильных машинах и т.д.

Комплексы, включающие в себя реакторы – метантенки с системами загрузки, перемешивания, очистки газа, удаления шлака и его аккумуляции (газгольдер), лучше всего размещать в местах постоянного накопления биомассы (в агропромышленных комплексах на предприятиях по переработке древесины, в жилых микрорайонах на промышленных предприятиях, на очистных сооружениях и т.д.).

Помимо рассмотренных выше "экологических" зданий, известны и иные их типы – ветроэнергоактивные, гидро- и геотермоактивные и другие здания.

В Западной Европе при реконструкции старой застройки получает все большее распространение экологическая модернизация жилищ, при которой реконструируемые здания снабжаются комплектом "экологических" устройств:

- обратным водоснабжением (для хозяйственных 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.
Подобные здания – прообраз ядра "экополиса" в современном индустриальном городе и пример материального воплощения в жизнь идей аркологии.

Вопросы для самопроверки

- 1. На каких принципах основаны энергосберегающие здания?*
- 2. На каких принципах основаны гелиоэнергоактивные здания?*
- 3. На каких принципах основаны биоэнергоактивные здания?*

Тестовое задание

Тип А. Выберите один правильный ответ из четырех предложенных

1.	Наиболее урбанизированная страна мира:	
	а) Германия;	в) Россия;
	б) США;	г) Великобритания
2.	Наибольшую антропогенную нагрузку (среди стран мира) испытывает:	
	а) Индия;	в) Великобритания;
	б) Германия;	г) Япония.
3.	Наибольшая плотность населения в тыс. человек на 1 км² в:	
	а) Монреале;	в) Токио;
	б) Москве;	г) Берлине.
4.	Самый крупный мегаполис мира:	
	а) Мехико;	в) Большой Бомбей
	б) Токио-Йокогама	г) Рио-де-Жанейро
5.	К 2025 году в городах будут проживать:	
	а) 20% населения планеты;	в) 60% населения планеты;
	б) 35% населения планеты;	г) 75% населения планеты.
6.	Городская экосистема отличается от естественной тем, что:	
	а) в городах плотность популяций всех ее обитателей ниже, чем в пригородах;	в) в городах богаче видовой состав животного мира, чем в пригородах;
	б) в городах лучше развит почвенный покров;	г) городская природная среда обеднена видами живых организмов, однако плотность некоторых из них выше, чем в пригородах
7.	Крупные промышленные центры отличаются от своих пригородов в климатическом отношении и по погодным условиям тем, что:	
	а) летних осадков выпадает меньше, чем в пригородах;	в) температура зимой ниже, чем в пригородах;
	б) температура летом выше, чем в пригородах;	г) в течение года солнечных дней над городом больше, чем в пригородах.
8.	Центр крупного промышленного города отличается следующими особенностями:	
	а) увеличивается солнечная радиация и количество туманных дней;	в) солнечная радиация не меняется, но уменьшается количество туманных дней;
	б) уменьшается солнечная радиация и увеличивается количество туманных дней;	г) солнечная радиация увеличивается, но уменьшается количество туманных дней.
9.	Городской шум становится опасным и более болезненным для людей при следующих параметрах:	
	а) 25 дБ;	в) 110-120 дБ;
	б) 40-50 дБ;	г) 150 дБ.

10.	Главные загрязнители воздуха в городах:	
	а) легкая промышленность и хлебозаводы;	в) энергетика и транспорт;
	б) различные пищевые комбинаты и типографии	г) учреждения быта и строительные комбинаты
11.	Рекреационные системы городской среды - это:	
	а) потенциальные системы возможной застройки пустующей территории	в) системы, связанные с местами приема пищи (рестораны, кафе и т.д.);
	б) то же, что и рудеральные системы;	г) системы территориальной организации отдыха
12.	Растения в городах из-за применения в осенне-зимний период большого количества соли (для защиты жителей от травматизма) страдают от:	
	а) избытка воды, растворяющей соль;	в) перегрева почвы (соль как антифриз);
	б) водного голодания, вызванного гипертоническим раствором солей в почве	г) холода, вызванного переохлаждением почвы.
13.	Важнейшей и основной причиной летнего листопада в городах является высокое содержание в воздухе:	
	а) метана;	в) свинца;
	б) угарного газа;	г) хлора и фтора.
14.	В пределах крупных промышленных городов не рекомендуется:	
	а) выращивать цветочную рассаду и высаживать леса	в) заниматься разведением шампиньонов и вешенок;
	б) собирать лекарственные растения и выращивать овощи для продажи	г) заниматься разведением свиней на свинофермах
15.	Карстовые провалы и просадки грунтов в городах обязаны своим происхождением в первую очередь (как первопричине):	
	а) падению уровня грунтовых вод;	в) вибрации автотранспорта и метро;
	б) сильным ливневым дождям	г) тяжести городских построек
16.	Наиболее предпочтительным для проживания с точки зрения экологических требований считают дом, построенный с использованием:	
	а) бетона;	в) гранита;
	б) песчано-гравийных материалов;	г) дерева.
17.	В жилом доме концентрация радона выше:	
	а) на втором этаже;	в) на десятом этаже
	б) на первом этаже;	г) или ниже, независимо от этажа.
18.	Экологи относятся с осторожностью к использованию в быту древесно-стружечной плиты, например мебели из ДСП, потому что этот материал:	
	а) сильно иссушает воздух квартир;	в) значительно повышает уровень радиации в квартирах
	б) увеличивает концентрацию формальдегида в квартирах	г) повышает концентрацию радона в квартирах

19.	Новые изделия из ДСП (древесно-стружечной плиты), фанеры или пористой резины нежелательно поставлять в заселенные квартиры непосредственно с фабрики, поскольку из этих материалов выделяются в опасных количествах:	
	а) метан, азот, угарный газ и свинец;	в) сера, фосфор, бром и хлор;
	б) углекислый газ, асбест и инертные газы;	г) формальдегиды и другие синтетические органические соединения.
20.	Из искусственной кожи под действием ультрафиолетовых лучей выделяются:	
	а) угарный газ и озон;	в) диоксин, оксиды серы и азота;
	б) дивинил, хлоропрен и акрилаты;	г) хлор, бром и фтор
21.	Для улучшения экологической обстановки жилых помещений воздух рекомендуется периодически:	
	а) насыщать положительными ионами;	в) насыщать отрицательными ионами;
	б) насыщать положительными и отрицательными ионами	г) деактивировать.
22.	Для здоровья человека опасным видом загрязнения квартирных помещений является:	
	а) горячая вода;	в) метан и меркаптан
	б) комнатная пыль;	г) озон и бром
23.	Виновниками аллергических реакций, бронхиальной астмы, ринита, конъюнктивита, дерматозов могут быть обычные обитатели квартир:	
	а) вши и тараканы;	в) клещи;
	б) блохи и муравьи	г) мучные жучки и кожееды
24.	Для того чтобы в домах и учреждениях не заводились клещи и подобные паразиты, опасные для человека, не следует злоупотреблять следующими предметами:	
	а) деревянными и фанерными изделиями;	в) рельефными обоями и фотообоями;
	б) коврами с пушистым ворсом, поролоновыми изделиями, ковровином	г) чехлами для стульев и кресел
25.	При наличии реки, протекающей через город, завод или фабрику следует размещать относительно заселенных районов:	
	а) на противоположном берегу в черте города с учетом розы ветров;	в) ниже по течению;
	б) выше по течению;	г) в любом подходящем месте
26.	Неблагоприятными с точки зрения экологии для постройки городов являются местности:	
	а) замкнутых котловин	в) долин с большими суточными колебаниями температур
	б) не защищенные от ветра	г) приближенные к лесным массивам и холмам
27.	Количество годовых отходов, приходящееся на каждого жителя крупного города примерно равно:	
	а) 100 кг;	в) 1000 кг;
	б) 500 кг;	г) 5-8 т

28.	На здоровье горожан не оказывает первостепенное влияние:	
	а) совокупность природно-климатических условий местности;	в) загрязнение и деградация окружающей среды;
	б) образ жизни и социально-экономические условия;	г) время замерзания и вскрытия рек
29.	Градостроители считают, что человеку лучше жить в малоэтажных домах, потому что такие здания:	
	а) благоприятствуют общению своих обитателей, способствуют снятию стрессов и более экологичны;	в) требуют меньше стройматериалов для постройки и занимают меньше места в городе;
	б) более выгодны с экономической точки зрения;	г) более выгодны для коммунальных служб (снабжения их водой, теплом, электроэнергией).
30.	Микроклимат помещений не оценивают по таким показателям, как:	
	а) температура воздуха	в) атмосферное давление;
	б) влажность воздуха;	г) подвижность воздуха
31	Зеленые растения в городе выполняют много различных экологически важных функций, кроме:	
	а) снижения летней температуры воздуха;	в) поглощения значительного количества углекислого газа и выделения кислорода;
	б) увеличения относительной влажности воздуха;	г) снижения уровня ионизации воздуха.
32.	В городах, атмосфера которых загрязнена выхлопами автомобилей, выбросами фабрик и заводов, хвойные породы чувствуют себя плохо. Тем не менее эти растения:	
	а) выделяют много кислорода;	в) выделяют много целебных фитонцидов;
	б) лучше других зеленых насаждений задерживают пыль;	г) хорошо задерживают шум и не боятся прямых солнечных лучей
33.	Густые посадки деревьев и кустарников способны ослабить уровень шума в городе примерно:	
	а) в 2-3 раза;	в) в 10 раз;
	б) в 5 раз;	г) в 50 раз
34.	Источником излучения не является:	
	а) цветной телевизор	в) органическое стекло
	б) светящийся циферблат часов;	г) аквариум.
35.	Причина, по которой в населенных пунктах нельзя устраивать посадки борщевика Сосновского, связана со следующей особенностью этого растения:	
	а) неприятно пахнет;	в) вызывает сильные ожоги и аллергию
	б) неэстетично выглядит	г) сильно радиоактивен

36.	Автомобили создают сложную экологическую обстановку в городе не только из-за того, что выделяют много выхлопных газов и загрязняют окружающую среду бензином, мазутом, маслами и т. д., но и потому, что:	
	а) стирают асфальт в ядовитую пыль;	в) стирают резину в пыль;
	б) отравляют воздух запахом автокраски	г) уменьшают поступление солнечной радиации, отражая ее стеклами и зеркалами
37.	В городах почвенный покров:	
	а) сохранился без видимых изменений;	в) практически отсутствует или сильно нарушен;
	б) слегка нарушен;	г) обогащен различными веществами, улучшающими его
38.	Эпидемии в крупных городах распространяются:	
	а) быстрее, чем в сельской местности;	в) медленнее, чем в сельской местности;
	б) с такой же скоростью, как и в сельской местности	г) вообще не распространяются благодаря своевременному и качественному медицинскому обслуживанию.
39.	Наибольший по частоте воздействия вклад в облучение городских жителей вносит:	
	а) уран;	в) радон;
	б) цезий;	г) торий.
40.	Экологическая оценка состояния городской среды не учитывает:	
	а) состояние теплоэнергетики;	в) состояние канализации;
	б) гравитационную составляющую;	г) качество воздушной среды и уровень шума.
41.	По степени воздействия на человека и по объему выбросов городские предприятия можно распределить в убывающей последовательности:	
	а) заводы и фабрики, коммунальное хозяйство, транспорт;	в) коммунальное хозяйство, заводы и фабрики, транспорт
	б) коммунальное хозяйство, транспорт, заводы и фабрики;	г) транспорт, заводы и фабрики, коммунальное хозяйство
42.	ПДК различных веществ в воздушной среде города превышает норму, правда, это не относится:	
	а) к свинцу;	в) к кислороду;
	б) к оксиду углерода	г) к фенолу.
43.	Процесс усиления роли городов и городского образа жизни в обществе, сопровождаемый интенсификацией всех видов хозяйственной деятельности, называют:	
	а) урбанизацией;	в) гиперурбанизацией;
	б) субурбанизацией	г) суперурбанизацией.

44.	Сравнение процесса изменения численности населения в городе с селом выявляет следующую особенность:	
	а) тенденцию к повышению рождаемости;	в) тенденцию к снижению рождаемости (в отличие от села, где происходит повышение рождаемости);
	б) тенденцию к снижению рождаемости (так же, как и в селе);	г) тенденцию к стабилизации (так же, как и в селе).
45.	Пыль лучше задерживают:	
	а) хвойные деревья;	в) однолетние травы;
	б) лиственные деревья;	г) частицы почвы.
46.	Электромагнитное загрязнение среды, особенно в городах, возникает по разным причинам, за исключением:	
	а) широкого использования древесно-стружечных плит (ДСП) и линолеума;	в) широкого развития кабельных систем, телевидения, радиотелефонов;
	б) использования источников и передатчиков электроэнергии (ЛЭПы, трансформаторы);	г) использования электротранспорта (метро, трамваев, троллейбусов).
47.	Животными-синантропами (обычными спутниками человека), обитающими в городах, являются:	
	а) соловьи, клесты-еловики, дятлы;	в) крысы, мыши, воробьи, вороны;
	б) белки, садовые сони, соколы;	г) кроты, бурундуки, волки, лисы, собаки.
48.	Опадающую листву деревьев, находящихся в городской черте, необходимо:	
	а) сжигать на месте;	в) превращать в компост;
	б) использовать на корм скоту;	г) вывозить за город для специального захоронения.
49.	Для города более предпочтительны следующие зеленые насаждения:	
	а) невысокие растения с мелкими, гладкими, блестящими листьями;	в) карликовые стриженные кустарники с разноцветными листьями;
	б) быстро растущие достаточно высокие деревья и кустарники с многочисленными сильно опушенными липкими листьями;	г) деревья с мощными стволами и ветвями, но небольшим числом листьев.
50.	Наименее опасны тепловые станции, которые работают с использованием:	
	а) угля;	в) сланца;
	б) мазута;	г) газа.
51.	Действию радиации в наибольшей степени подвергаются люди, работающие по специальности:	
	а) пожарника или строителя;	в) машиниста метropоезда;
	б) летчика или шахтера	г) диспетчера или другого сотрудника авиаслужбы.

52.	Чтобы решить проблему обеспечения безопасности населения в крупных промышленных городах, требуется прежде всего:	
	а) наладить выпуск газет большими тиражами;	в) выявить источники угрозы для здоровья и жизни людей;
	б) расширить строительство столовых и кафе в соответствии с ростом численности горожан;	г) увеличить число травмпунктов, больниц и станций «Скорой помощи».
53.	Помимо естественного радиоактивного фона, источником радиации может служить:	
	а) строительный материал, используемый для облицовки домов в качестве наполнителя бетона и т. п.;	в) телевизор и монитор компьютера;
	б) древесная и травянистая растительность;	г) питьевая вода в доме.
54.	Для улучшения экологических условий в городах путем озеленения их территории необходимо:	
	а) соблюдать политику невмешательства в естественные процессы развития и смены растительности;	в) заменить все местные виды растений привозными, приспособленными к жизни в городской среде;
	б) всего лишь сократить местные виды растений;	г) совершить продуманную интродукцию и фитомелиорацию.

Тип В. Заполните пропуски в тексте

55. Территорию, отличающуюся высокой плотностью населения, компактностью застройки и сложной архитектурно-планировочной структурой (разветвленной инфраструктурой), называют.....

56. Идеальный в экологическом отношении город, который будет находиться в равновесии с окружающей средой, получил название.....

57. Если все экосистемы подразделить на авто- и гетеротрофные, то город следует отнести к группе..... экосистем.

Тип С. Найдите соответствия и выпишите правильные ответы (а, б, в...)

58. Насколько антропогенная нагрузка на биосферу в каждой стране превышает антропогенную нагрузку на биосферу всего человечества:

страны

- а) Германия;
- б) Япония;
- в) Китай;
- г) Россия;

Антропогенная нагрузка в стране:

- 1. - в 16 раз;
- 2. - в 14,5 раз;
- 3. - в 2 раза;
- 4. - менее чем в 1 раз.

Ответы: 1).....2).....
3).....4).....

59. Найдите соответствие между источником шума и его шумовым воздействием:

- а) ткацкий станок, рок-музыка, удар грома;
- б) нормальный спокойный разговор в комнате;
- в) метро, подвесной мотор, косилка для газонов;
- г) пылесос, телевизор, пишущая машинка.

Уровень шума: 1. – 50 дБ;
2. – 70 дБ;
3. – 120 дБ;
4. – 100 дБ.

Ответы: 1).....2).....
3).....4).....

60. Источник загрязнений:

- а) люминесцентные лампы;
- б) аккумуляторы и батарейки;
- в) шины;
- г) ДСП (древесно-стружечная плита).

Загрязнители: 1) свинец; 2) ртуть; 3) фенол; 4) кадмий; 5) резина.

Ответы: 1).....2).....
3).....4).....

Фанис Фаннурович Исхаков

Андрей Алексеевич Кулагин

Глеб Анатольевич Зайцев

УРБОЭКОЛОГИЯ

Редактор: Т.В. Подкопаева

Лиц. на издат. деят. Б848421 от 03.11.2000 г. Подписано в печать 29.04.2015.

Формат 60X84/16. Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman.

Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. – 14,0. Уч.-изд. л. – 13,8.

Тираж 100 экз. Заказ № 1226

ИПК БГПУ 450000, г.Уфа, ул. Октябрьской революции, За