

Министерство образования и науки Российской Федерации

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

Агрономический факультет

Кафедра ботаники, плодоводства и ландшафтной архитектуры

## **«Урбоэкология и мониторинг»**

**Методические указания к лекционным, лабораторно-практическим и самостоятельным занятиям для бакалавров 35.03.10, очного и заочного обучения, студентов дистанционного и дополнительного образования, слушателей курсов повышения квалификации Иркутского ГАУ**

**Иркутск 2018**

УДК 504.75

Решение научно-методического совета Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского (протокол №9 от 15.04. 2018 г.)

## **«Урбоэкология и мониторинг»**

### **Методические указания**

**Методические указания к лекционным, лабораторно-практическим и самостоятельным занятиям содержат материал для бакалавров 35.03.10, очного и заочного обучения, студентов дистанционного и дополнительного образования, слушателей курсов повышения квалификации Иркутского ГАУ**

Составитель: Тюменцева В.Г.

Рецензент: к.т.н., доцент Чубарева М.В.

© Иркутский государственный аграрный университет им.А.А. Ежевского, 2018 г.

## Введение

**Цель** освоения дисциплины: является формирование экологического мировоззрения, понимание роли основных компонентов урбоэкосистем: растительного и животного мира, почв, поверхностных и подземных вод, воздушных масс тропосферы, устойчивости растительных сообществ к воздействию факторов урбанизированной среды.

Экологические последствия хозяйственной деятельности человека наблюдаются повсеместно, однако наиболее ярко они проявляются на урбанизированных территориях, и особенно в крупных городах. На картах планеты появились так называемые «усталые города» - крупные промышленные центры, где явно растет число заболеваний сердечно-сосудистой системы, аллергических болезней, психических расстройств, синдрома стресса у жителей этих поселений.

Темпы роста населения мира в 1,5-2 раза ниже роста городского населения, к которому сегодня относится более половины людей планеты. Это объясняет интерес к исследованию города с позиции экологии. Вопросами экологии городской среды в настоящее время занимаются многие новые экологические направления, такие как:

**Экологическая архитектура** – новейшее направление в архитектуре, районной и городской планировке, стремящееся максимально учесть экологические и социально-экологические потребности конкретного человека от его рождения до глубокой старости.

В 50-х годах XX века появилась **экистика** – урбанистическая наука, изучающая формирование и эволюцию человеческих поселений. Целью экистики является создание моделей поселений (городов) различной величины с оптимальным сочетанием элементов их планировочной структуры и окружающей природной среды. Предметом экистики является также внутренняя среда помещений.

Еще одной научной дисциплиной, затрагивающей вопросы экологии городской среды, и в частности, вопросы экологии жилища, является **аркология**. **Аркология** – наука о взаимодействиях искусственных объектов, в том числе архитектурных, с окружающей средой, о методах проектирования «экологических» зданий и сооружений.

**Градостроительная экология** – комплекс градостроительных, медико-биологических, географических, социально-экономических и технических наук. В рамках этой дисциплины изучают взаимодействия искусственной и природной сред на территориях городов и зон их влияния; исследуют особую экосистему – город. Она объединила знания о регионах и агломерациях, городах и их элементах. Некоторые ученые называют ее **урбоэкологией**.

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.

Город занимает определенную часть земной поверхности, имеет в составе популяцию человека с высоким показателем плотности, производственный комплекс, инфраструктуру и специфическую природную, искусственную и социально-культурную среду обитания и, таким образом, представляет собой **урбогеосоциосистему**. Города являются открытыми системами, элементы которых связаны между собой и с внешней средой потоками энергии, вещества и информации. Город формируется на основе природной экосистемы, которая изменяется и функционирует под влиянием техногенных и социальных факторов. Таким образом, в состав комплексной урбогеосоциосистемы входят:

-урбоэкосистема, т.е. видоизмененная под воздействием человека природная экосистема городской территории;

- социальная подсистема, т.е. функционально дифференцированная совокупность людей, или социосфера города;
- промышленный комплекс или техносфера города.

### **Общие методические рекомендации по изучению дисциплины**

Согласно учебному плану формой промежуточной аттестации дисциплины «Урбоэкология и мониторинг» является зачет. Для получения экзамена студент должен изучить и успешно сдать разделы данного предмета а также в межсессионный период написать контрольную работу.

Контрольная работа студента заочного обучения может быть:

1. сдана студентом лично методисту заочного обучения Иркутского ГАУ, ведущему преподавателю;

2. отправлена почтой России на адрес Иркутского ГАУ по адресу: 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, главный корпус Иркутского ГАУ, методисту заочного обучения агрономического факультета.

Контрольная работа студента заочного обучения с элементами дистанционного обучения может быть отправлена специалисту по учебно-методической работе Центра заочного обучения Иркутского ГАУ электронной почтой по адресу: e-mail: [do@igsha.ru](mailto:do@igsha.ru) (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, ИрГАУ, каб.342 (ЦЗО), тел./факс 8 (3952) 237-656, 89834676869, [www.irgsha.ru](http://www.irgsha.ru)).

Студенты заочного обучения на занятиях прослушивают курс лекций, посещают лабораторно-практические занятия. В период лабораторно-экзаменационной сессии студенты обобщают и углубляют свои теоретические знания. Перед сдачей зачета по лабораторно-практическим занятиям студентам заочного обучения необходимо отработать лабораторный практикум и овладеть теоретическим материалом по разделам, изучаемым на занятиях. При подготовке к экзамену студенту необходимо овладеть теоретическим и практическим материалом.

Во время сессии и в межсессионный период студентам даются консультации по интересующим вопросам. При самостоятельной работе в межсессионный период, а также во время сессии необходимо пользоваться учебной литературой.

### **Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания для проведения аудиторных (лабораторно-практических) занятий

**Лекция** – одна из организационных форм обучения и один из методов обучения традиционна для высшего образования, где на ее основе формируются курсы по многим предметам учебного процесса. Лекция входит органичной частью в систему учебных занятий и должна быть содержательно увязана с их комплексом, с характером учебной дисциплины, с учебным предметным курсом. Поэтому при подготовке лекций преподаватель должен руководствоваться государственным образовательным стандартом, примерной программой дисциплины (при наличии), действующим учебным планом. Тематика лекций должна по содержанию и объему соответствовать перечисленным документам.

Лекция – экономный по времени способ сообщения слушателям значительного объема информации. Лектор должен постоянно совершенствовать содержание лекции, руководствуясь следующими требованиями:

- целостность, систематичность и доступность изложения материала;
- выделение и акцентирование главных положений;
- логическая связь излагаемого материала с ранее изложенным;

- реализация всех дидактических принципов с учетом этой формы обучения;
- структурно-логическая взаимосвязь излагаемого материала с положениями других дисциплин;
- четкое фиксирование заключительных положений.

Особое место в лекции занимает использование элементов проблемности. Для этого при подготовке к лекции следует подобрать риторические вопросы для обращения к студентам, которые оживляют лекцию, создают контакт с аудиторией, привлекают внимание студентов к излагаемому материалу и повышают его усвоение.

При подготовке лекций и их чтении надо четко представлять и различать две стороны педагогического процесса – учебную и воспитательную.

Процесс обучения – это процесс воздействия на интеллект студента. Процесс воспитания – процесс воздействия на волю, эмоции, эстетические чувства и мораль студента. Воспитывающее действие педагогического процесса на студента складывается из двух моментов:

- с одной стороны, лектор может развивать интеллект своего слушателя, меняя соответствующим образом метод преподнесения материала;
- с другой стороны, педагогический процесс, осуществляемый лектором, в целом сказывается в формировании личности студента и его отношении к данной дисциплине.

Поэтому при чтении лекций надо развивать у студентов способность к самостоятельному мышлению, к освоению идей и методов составляющих фундамент дисциплины.

**Лабораторно-практические занятия** - один из видов самостоятельной практической работы учащихся в высшей, средней специальной и общеобразовательной школе: имеют целью углубление и закрепление теоретических знаний, развитие навыков самостоятельного экспериментирования. Включают подготовку необходимых для опыта (эксперимента) приборов, оборудования, реактивов и др., составление схемы-плана опыта, его проведение и описание. Широко применяются в процессе преподавания естественнонаучных и технических дисциплин.

Лабораторно-практические занятия должны помочь студенту правильно организовать самостоятельную работу, помочь усвоить и закрепить теоретический материал, приобрести навыки в решении задач.

Успешное проведение лабораторно-практических занятий обеспечивается высокой степенью теоретической подготовленности преподавателя и высоким уровнем его педагогического мастерства.

Чтобы подготовить отдельное лабораторно-практическое занятие, преподаватель должен в первую очередь четко сформулировать тему занятия, в соответствии с ней выбрать ту или иную форму его проведения, продумать форму проверки домашнего задания, опроса студентов по теоретическому материалу, найти средства стимулирования их работы.

Выбор формы и методов проведения практического занятия диктуется темой текущего занятия. Однако, как бы ни было оно построено, его составными частями является разбор домашнего задания, повторение теоретического материала, решение задач, подведение итогов, задание очередной домашней работы.

Различным сочетанием этих составных частей, воплощением в той или иной форме, и определяется структура лабораторно-практического занятия.

Исключением в смысле построения является первое лабораторно-практическое занятие, где студентам нужно перечислить разделы данного курса, познакомить с предъявляемыми требованиями и с формами отчетности для получения зачета, рекомендовать определенные сборники задач, дать советы для правильной организации самостоятельной работы.

Лабораторно-практическое занятие, даже хорошо построенное, пройдет с оптимальной пользой для студентов лишь тогда, когда к нему готовятся и они. Поэтому

на таких занятиях реализуется проверка домашнего задания и теоретической подготовленности студентов.

Для активной творческой работы студентов преподавателю следует проводить занятие в темпе, удовлетворяющем большую часть аудитории; установить с ней контакт; стремиться дополнить с помощью задач лекционный материал; рассматривать кроме стандартных нешаблонные приемы решения задач; давать дополнительные задачи студентам, которые справляются с основным заданием быстрее других.

### **Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся**

Методика обучения в образовательной организации высшего образования должна быть направлена на то, чтобы научить студента умению самостоятельно приобретать и пополнять знания, оригинально мыслить и принимать самостоятельные решения при консультирующей, направляющей роли преподавателя.

Основными видами СРС являются: изучение отдельных разделов или тем теоретического материала дисциплины по учебной литературе и компьютерным обучающим программам, подготовка к ПЗ, выполнение домашних расчетно-графических заданий, домашних контрольных работ, самоконтроль уровня знаний по учебным дисциплинам.

Задачи, которые реализуются в ходе выполнения СР:

- интеллектуальное развитие личности и активная познавательная деятельность студента;
- закрепление знаний о современных тенденциях развития науки, техники и производства;
- формирование умений и навыков поиска и обработки необходимой учебно-научной информации; конспектирование и реферирование научной и учебной литературы;
- практическое применение знаний, полученных в процессе аудиторных занятий и необходимых для решения задач по специальности;
- обеспечение оптимального сочетания групповых и индивидуальных видов деятельности студентов с учетом подготовленности, интересов и индивидуальных способностей каждого из них.

Рациональная организация СРС является одним из основных резервов повышения качества подготовки специалистов. Она включает планирование объема, содержания, графика выполнения и контроля СРС, а также методическое и материально-техническое обеспечение. Эффективность СРС по дисциплине зависит в значительной степени от качества планирования и организации этой работы на кафедре.

При планировании самостоятельной работы по дисциплине рекомендуется придерживаться следующих основных принципов:

1. Трудоемкость выполнения каждой работы должна быть согласована с часами, выделенными на эту работу на предыдущем этапе.
2. Сложность различных вариантов заданий так же, как и трудоемкость их выполнения, должна быть примерно одинаковой.
3. Задание на самостоятельную работу каждому студенту должно быть индивидуальным, т.е. не должно быть двух абсолютно одинаковых вариантов задания.
4. В задании должна быть четко определена задача, стоящая перед студентами.

Основными элементами организации СРС является контроль за ходом ее выполнения и осуществление систематической консультации студентов.

Эффективная организация СРС возможна только при наличии в достаточном количестве учебников, учебных пособий, методической литературы.

## **Требования к выполнению контрольных работ**

На обложке контрольной работы должен быть титульный лист с указанием:

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**Иркутский государственный аграрный университет имени А.А.Ежевского**

**Агрономический факультет**

**Кафедра ботаники, плодородства и ландшафтной архитектуры**

Специальность \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Шифр \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_

Ф.и.о. (полностью)

## **Контрольная работа**

По Урбоэкологии и мониторингу

Дата регистрации \_\_\_\_\_

Методистом или кафедрой

Иркутск – 20\_\_ г.

На первой странице работы необходимо еще раз написать номера разделов и номер вопроса, далее следует последовательно излагать вопросы и ответы, приводить рисунки, схемы и др. там, где они требуются.

Вопросы контрольного задания следует переписывать внимательно. Каждый вопрос должен быть пронумерован и четко отделен от ответа, причем сначала ставится номер раздела, а затем номер самого вопроса. *Например, Раздел 1(6), 5(4), 9(2) и др. Всего 3 раздела: №1 (19 вопросов), №5 (5 вопросов), №9 (9 вопросов).* Нельзя переписывать сразу все вопросы. После каждого вопроса должен быть четкий, достаточно полный ответ, изложенный своими словами, а не переписанный дословно с учебника или с интернет сайтов. В конце работы указывается список использованной литературы в алфавитном порядке. Номера страниц должны быть пронумерованы.

Работа должна быть написана последовательно и грамотно. После проверки работа может быть возвращена студенту для доработки с учетом замечаний и требований рецензента.

## **Разделы для контрольной работы**

### **Раздел 1. Введение. Урбоэкология как наука.**

#### **Предмет урбоэкологии. Место урбоэкологии в системе экологических наук**

1. Предмет урбоэкологии.
2. Место урбоэкологии в системе экологических наук.
3. Научные основы урбоэкологии.
4. Методологические подходы.
5. История и перспективы урбанизации.
6. Развитие городов и городских систем.
7. Города древнего мира и средневековья.
8. Города индустриальной эпохи.
9. Экологические аспекты урбанизации.
10. Город и городская среда.
11. Сущность урбанизации.
12. Окружающая среда города.
13. История и перспективы урбанизации.
14. Территориальные возможности развития урбанизации.
15. Экологическая эффективность различных видов и форм расселения.
16. Экосистемные характеристики города.
17. Урбогеосоциосистема.
18. Город как сложная полиструктурная система.
19. Город как открытая система

### **Раздел 5. Водная среда города.**

1. Водные объекты городов. Родники в городской среде. Использование водных объектов. Рациональное использование водных ресурсов.
2. Оценка состояния водных объектов. Показатели качества воды. Источники воздействия на водные объекты. Общегородские очистные сооружения.
3. Методы очистки производственных сточных вод. Поверхностный сток с городских территорий и территорий промышленных предприятий.
4. Процессы формирования качества поверхностных вод. Самоочищение водных объектов. Методы защиты и восстановления водных объектов.
5. Охрана подземных вод от истощения и загрязнения. Зоны санитарной охраны скважинных водозаборов. Самоочищение подземных вод.

## **Раздел 9. Уровни и объекты экологического мониторинга.**

1. Определение мониторинга.
2. Современное представление о мониторинге окружающей среды.
3. Схема мониторинга и взаимосвязь его блоков.
4. Объекты слежения, состав и классификация видов мониторинга.
5. Современная система мониторинга окружающей среды Российской Федерации.

### **Контрольные вопросы необходимые для оценки результатов обучения**

1. Что такое экология внутренней среды здания?
2. Обоснуйте негативное влияние шумового, вибрационного электромагнитного и электростатического загрязнения городской среды.
3. Назовите источники шума, вибраций и электромагнитных полей в Вашем городе.
4. В чем выражаются отличительные особенности загрязнения воздушной среды городов?
5. Каким образом города влияют на загрязнение и истощение водных ресурсов? Охарактеризуйте основные источники загрязнения на территории Вашего города.
6. Каким образом городская среда влияет на геологическую среду, почвенный покров, поверхностную гидрографическую сеть, подземные водотоки?
7. В чем выражается специфика влияния неблагоприятных экологических факторов на население города?
8. Как Вы понимаете выражение урбоэкологический стресс?
9. Какими примерами и выводами Вы можете подтвердить что города - "территориальные фокусы" интенсивного замещения естественных биогеоценозов урбо- и антропоценозами?
10. Раскройте основные особенности градостроительной экологии как науки, приведите основные понятия и определения.
11. Чем Вы можете обосновать экологическое значение управления процессом урбанизации?
12. Охарактеризуйте первопричины появления средневековых городов. Чем отличались города Средневековья от индустриальных городов Нового времени?
13. Каковы основные черты городов древности? Назовите причины и условия послужившие толчком к началу урбанизации в Древнем мире.
14. Что изучает Урбоэкология, каковы основные задачи этой науки? Охарактеризовать урбанизацию, как процесс антропогенного развития, назвать основные причины и закономерности образования урбанизированных территорий.
15. Техногенные изменения природного ландшафта в городах и их последствия?
16. Охарактеризуйте компоненты геосферы и комплексное взаимодействие городов с этими компонентами.
17. Почему город называют неравномерной экосистемой?
18. Охарактеризуйте градостроительную емкость территории как экосистемы.
19. Чем можно охарактеризовать степень устойчивости городской экосистемы?
20. Какие основные экологические понятия, характеризующие природную среду?
21. Потребление природных ресурсов городами и причина дефицита этих ресурсов в пределах городских территорий?
22. Отличие градостроительной экологии от инженерной?
23. Влияние среды, окружающей здание?
24. Что вы знаете об опасности радиационного загрязнения городской среды? Дайте характеристику источников радиационного загрязнения.
25. Какова роль теплового загрязнения городской среды в формировании микроклимата? Какие еще факторы оказывают влияние на формирование

микrokлимата урбанизированных территорий?

27. Что такое видеоурбоэкология? В чем заключается экологическая опасность видимых гомогенных и "агрессивных" полей в современной городской архитектуре?

28. Какова роль зеленых насаждений в жизни города? Почему не все виды растений могут произрастать на урбанизированных территориях? Основные виды растений города Тюмени, что необходимо предпринять для расширения видового состава городской флоры?

29. Дайте определение мониторинга. Комплексный характер мониторинга. Объект мониторинга. Задачи мониторинга.

30. Системы мониторинга, как слежения, прогноза и принятия оперативных решений по улучшению качества среды.

31. Охрана зеленых насаждений города.

32. Концепция мониторинга зеленых насаждений в урбанизированной среде.

33. Организация работ по мониторингу окружающей среды и зелёных насаждений. Точки исследования. Обоснование адекватного выбора численности объектов наблюдения, их размещение в плане города.

34. Оценка стоимости зеленых насаждений. Методика оценки стоимости зеленых насаждений и исчисление размера убытков, вызываемых их повреждением и (или) уничтожением на территории города.

35. Инвентаризация городских зеленых насаждений. Цель, методика, средства.

36. Современные методики дендрологического обследования городских зеленых насаждений. Факторы дестобилизации состояния зеленых насаждений в урбанизированной среде.

37. Принципы геохимической оценки городских почв. Технология полевых исследований. Камеральная обработка результатов.

### **Методологические подходы в урбоэкологии**

Наиболее существенные научные подходы урбоэкологии – территориально-градостроительный, комплексный, системный и 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. В частности и градостроительство (включающее и урбоэкологию) по своей сути 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 своего особого подхода и имеющих наилучшее решение для рационального функционирования системы в целом.

**Биоэкономический 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. С другой стороны, 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.

### **Урбанизация как мощный экологический фактор**

**Урбанизацией** (от лат. Urbs - город) называется рост городов, повышение удельного веса городского населения, возникновение и развитие все более сложных сетей и систем городов.

Общие черты урбанизации, характерные для большинства стран:

1. Быстрые темпы роста городского населения, особенно в менее развитых странах.
2. Концентрация населения и хозяйства в основном в больших городах.
3. «Расползание» городов, расширение их территории. Это происходит тогда, когда вокруг крупных городов возникают пояса городов – спутников. Такие образования называются **городскими агломерациями**. Агломерация в пределах страны или региона характеризуется функциональными связями, сформировавшимися в результате производственной деятельности и производственных отношений. **Конурбация** — группа близко расположенных и экономически связанных между собой городов. Примерами конурбаций являются Большой Лондон; Большая Москва.

Следует отметить, что агломерации являются важным, но промежуточным этапом в пространственной эволюции урбанизации. Их скопления, территориально сближаясь, образуют в развитых или плотно заселенных странах обширные наагломерационные системы – урбанизированные районы, урбанизированные зоны, мегалополисы. Формирование этих систем – одна из наиболее важных особенностей территориально-урбанистического развития мира во второй половине XX века. Под **урбанизированным районом** понимают сравнительно обширный ареал расселения с высокой плотностью населения и высоким уровнем развития городских поселений, который образует систему взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга агломераций и многофункциональных центров разного ранга. Основу урбанизированного района составляют обычно несколько крупных городских агломераций.

**Урбанизированная зона** – сложная и обширная структура мегалополисного типа, особенно важная для перспективной пространственной организации расселения страны.

Урбанизированная зона как правило включает несколько урбанизированных районов. В наиболее развитых странах в результате разрастания городских агломераций появились гиперурбанизированные районы — *мегалополисы*.

Мегалополис — очень крупная городская агломерация, включающая многочисленные жилые поселения, т.е. функциональное соединение ряда городских агломераций.

Темпы урбанизации зависят от уровня экономического развития страны. В развивающихся странах урбанизация растет вширь, а городское население быстро увеличивается. Это явление получило название городского взрыва и является неконтролируемым. Рост населения городов в этих регионах намного опережает их реальное развитие. В большинстве экономически развитых странах, где урбанизация достигла достаточно высокого уровня, процесс взят под контроль, и доля городского населения не увеличивается, а даже немного уменьшается. Но урбанизация продолжает расти внутрь, приобретая новые формы. Процесс урбанизации стабилизируют два направления: субурбанизация и джентрификация. Но они оказывают различное влияние на городскую среду.

**Субурбанизация** – развитие пригородов. Первоначально она проявляется в возникновении вокруг крупных городов пригородов. В итоге формируются городские агломерации. Затем начинается более быстрое развитие пригородов (прежде всего демографическое) по сравнению с центральным городом. Наконец, пригороды начинают развиваться за счет центрального города: идет интенсивное переселение в пригородную зону жителей из центрального города, перенос туда промышленных и других функций. Численность населения в центральных районах постепенно сокращается. За субурбанизацией населения следует субурбанизация промышленности и других сфер занятости. Процесс субурбанизации имеет как положительное, так и отрицательное значение. Положительные черты заключаются в выносе крупных промышленных предприятий за черту города, что способствует снижению количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города. Отрицательное влияние проявляется в интенсивном развитии "челночного" автотранспорта, доставляющего жителей пригородных территорий к местам работы в центр города, что приводит к увеличению выбросов выхлопных газов.

**Джентрификация** – ключевой процесс современной внутригородской динамики населения, предполагающий возвращение богатых людей в большие города. По своей сути означает явление, противоположенное субурбанизации: строительство элитного жилья и офисов в престижных районах города. Отрицательные последствия данного процесса для городской среды: бесконтрольная реконструкция центральной части городов, ограничивающаяся застройкой еще свободной территории без сопутствующего сноса ветхого жилья на сопредельных участках. При этом под строительство отводятся лучшие участки вблизи рек, местных водоемов, парков, лесных массивов.

Наряду с ростом населения мира, урбанизация являлась доминирующей тенденцией развития человечества в XX веке. Массовая урбанизация - это феномен XX в.: до 1900 г. в городах жило всего около 14 % населения. В настоящее время процент городского населения в отдельных странах равен: Аргентина – 83, Уругвай – 82, Австралия – 75, США – 80, Япония – 76, Германия – 90, Швеция – 83. Помимо крупных городов-миллионеров быстро растут городские агломерации или слившиеся города. В значительной мере рост городов характерен и для стран третьего мира. По прогнозам в первой половине XXI века численность городского населения в промышленно менее развитых регионах мира будет расти экспоненциально, в то время как в промышленно более развитых – почти линейно. Среднее время удвоения численности городского населения в промышленно менее развитых регионах составит 20 лет. Отсюда сохранение природной среды в промышленно менее развитых регионах мира станет весьма актуальным. Таким образом, городская среда превращается в преобладающий тип среды жизнедеятельности.

Социально-экономическая обстановка привела к неуправляемости процесса урбанизации во многих странах.

*Проблемы урбанизации* можно подразделить на следующие группы:

- изменения в природных экосистемах;
- изменения в образе жизни, здоровье и психологическом статусе человека;
- прогрессирующее загрязнение и деградация природной среды.

**Урбанистическая система** (урбанизированная среда обитания) – неустойчивая природно-антропогенная система, состоящая из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных экосистем (Реймерс, 1990). Среда урбасистем сильно изменена и по сути дела стала искусственной, здесь возникают проблемы утилизации и реутилизации вовлекаемых в оборот природных ресурсов, загрязнения и очистки окружающей среды, происходит все большая изоляция хозяйственно-производственных циклов от природного обмена и потока энергии в природных экосистемах. Города являются также центрами, влияющими на антропогенную трансформацию прилегающих территорий вокруг города и вдоль крупнейших транспортных магистралей. Степень и характер влияния городов на природные экосистемы зависят от многих факторов: численности и плотности городского населения; его экономического положения; от специфики промышленных предприятий; типа застройки; а также от климата и географического положения.

Все населенные пункты подразделяются на две категории: города и поселки городского типа; сельские населенные пункты. Для признания населенного пункта городом необходимы два условия: 1) численность населения, постоянно проживающего в данном населенном пункте, не менее 10—12 тыс. человек; 2) социальный состав — не менее 85% проживающих должны составлять рабочие и служащие. В иных случаях населенный пункт признается сельским (если большинство его жителей занимается сельским хозяйством), либо рабочим поселком (если большинство его жителей заняты в промышленности или на транспорте), дачным поселком (если большинство его жителей используют данный пункт в качестве базы для отдыха) или курортным поселком (если не менее половины его жителей, являются приезжающими для отдыха или лечения).

Индикатором качества городской среды в первую очередь является здоровье человека.

**Основные проблемы взаимодействия человека и городской среды.** При анализе взаимодействия человека и окружающей его природной среды в современном крупном городе можно выделить три группы проблем.

*Во-первых*, проблемы, связанные с воздействием антропогенной измененной окружающей среды на городское население.

*Во-вторых*, проблемы, возникающие при воздействии загрязненной окружающей среды городов на природные системы, как в самих городах, так и на прилегающих к ним территориях.

*В-третьих*, проблемы, являющиеся следствием воздействия загрязненной окружающей среды городов на их материально-технические объекты.

Остановимся на проблемах, связанных с влиянием городской среды на население. Городская среда отчуждает человека от природы. Наблюдается существование человека в условиях деформированности биоценоза – общение с животными и растительным миром почти исключено, общение с себе подобными избыточно. Городская среда отчуждает человека не только от природы, она отделяет человека от человека, рождает анонимный образ жизни. Массовая коммуникация вытесняет человеческое общение, формирует виртуальный компьютерный мир. Преобладание искусственной среды в условиях города является фактором постоянного стресса, вызывающего непреодолимую нагрузку на адаптационные механизмы человеческого организма. Городская среда и городской образ жизни обуславливают десинхронизацию биологических ритмов. Одно из существенных нарушений состоит в том, что естественная синхронизация светового дня и активности

человека сдвинута в сторону темновой части суток. В городах повышен уровень заболеваемости, и она имеет свои особенности.

#### **Основные виды и источники воздействия на человека в жилой застройке:**

1. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, промышленных источников;
2. Шумовое загрязнение;
3. Попадание поллютантов (т.е. загрязняющих веществ) в организм человека с питьевой водой и пищевыми продуктами
4. Радиоактивное излучение;
5. Электромагнитное излучение;
6. Неблагоприятная визуальная среда;
7. Сверхплотное заселение городов (быстрое распространение болезней, стресс, агрессия, гиподинамия и т.д.).

Таким образом, большинство проблем, связанных с жизнью человека в городе, имеют санитарно - гигиенические, социальные и психологические корни, так или иначе связанные с перенаселением и всеми видами загрязнения городской среды. А среди факторов, влияющих на здоровье населения городов, выходят абиологические тенденции, то есть противоречащие биологическим потребностям организма, тенденции в современном образе жизни.

#### **Своеобразие урбозкосистем**

Ю.Одум (1986) предложил классификацию экосистем, опираясь на их энергетические особенности, выделив «четыре функциональных типа экосистем»:

1. Природные: движимые Солнцем, несубсидируемые (океаны, высокогорные леса).
2. Природные, движимые Солнцем, субсидируемые другими природными источниками (речные экосистемы – субсидируемые энергией течений).
3. Движимые солнцем и субсидируемые человеком (агроэкосистемы).
4. Индустриально-городские, движимые топливом. По сравнению с потоком энергии в природных экосистемах, здесь ее расход на 2-3 порядка выше.

Данная классификация, основанная на свойствах среды, принципиально отличается от биомной, основанной на структуре экосистем.

#### **Основные отличительные черты городской экосистемы:**

1) **Имеются определенные особенности в функции трофических уровней в городе.** Автотрофная составляющая, т.е. городской «зеленый пояс» имеет, в основном, эстетическую, рекреационную ценность. Более половины годичного прироста автотрофов в виде древесины, листьев и срезанной травы вывозится на свалки. Гетеротрофная составляющая городских экосистем обеднена (снижено видовое разнообразие). Характерно формирование синантропных и эвритропных экосистем.

2) **Город – зависимая экосистема**, полностью зависящая от окружения. Города используют в огромном количестве энергию топлива, добываемого как правило не на месте. Город не обеспечен и кислородом: он живет за счет ресурсов окружающей атмосферы. Например, в среднем город потребляет 30 млн.т кислорода, производя 25-30 тыс. т (дефицит 29,7 млн.т, для покрытия которого требуется озелененная территория 5000-6000 тыс. га). Город выкачивает грунтовые воды или же снабжается водой из ближайших водоемов. Если сравнить «импорт» и «экспорт» основных пищевых продуктов, строительных материалов, промышленного сырья и топлива в больших городах, то «импорт» превышает «экспорт» в среднем в 10 раз. Территория, обеспечивающая минимально необходимые потребности миллионного города в воздухе в 20, а в воде, пище и рекреации в 10 раз превышает территорию самого города.

3) **Город отличается от природных экосистем интенсивным расходом энергии на единицу площади.** Потребность в энергии плотно населенных индустриально-

городских районов на 2-3 порядка выше потока энергии, поддерживающего жизнь в естественных экосистемах, субсидируемых Солнцем. Для этого требуется большой приток концентрированной энергии извне (главным образом за счет сжигания ископаемого топлива). Солнечная энергия не только не используется, но и становится дорогостоящей помехой, нагревая бетон, асфальт и другие искусственные поверхности.

4) **Город – аккумулялирующая система.** Помимо потребления природных ресурсов и энергии города производят огромное количество отходов. Часть веществ оседает в водоемах, отлагается в почве, создаются даже новые положительные формы рельефа из отходов. Ежегодно городом-миллионером производится и в основном накапливается на окружающих территориях около 3,5 млн. т твердых и концентрированных отходов примерно следующего состава (тыс. т): зола и шлаки теплоэлектростанций - 550; твердые остатки из общей канализации - 420; древесные отходы – 400; твердые бытовые отходы – 350; строительный мусор-50; автопокрышки- 12; бумага – 9; текстиль – 8; стекломой – 3. В природе также имеются некоторые аккумулялирующие экосистемы, но в них отлагается более однообразный и малоактивный материал: в озерах – сапрпель, в болотах – торф, в долинах рек – нанос паводков.

5) **Город – неравновесная экосистема.** На его территории нарушен равновесный экологический баланс. В отличие от природных экосистем развитие города определяется не естественным отбором и другими природными процессами, а деятельностью человека. За счет концентрации людей в городе отношение фитомассы к зоомассе иное, чем в естественной природе. Пищевые цепи нарушены. Процессы потребления ресурсов и выделения отходов сильно отличаются от круговорота веществ в природе.

6) **Город – конгломерат искусственных экологических микросистем: зданий и сооружений жилой, промышленной и коммунально-складской застройки.**

Естественные и городские экосистемы наряду с глубокими экологическими различиями имеют и некоторые общие черты, например наличие границ, самоподдержание за счет обмена веществ и притока энергии, стабилизация за счет круговорота энергии и тенденция перехода от экспансии к интенсивному росту (таблица 1).

Таблица 1 - Сравнение природных и городских экосистем (по Böhme, 1985)

Признак	Природная экосистема	Урбоэкосистема
Абиотические компоненты	Неорганические и органические вещества, климат, почва, воды	Антропогенное изменение исходных и появление новых компонентов
Биотические компоненты		
Продуценты	Превращают достаточное количество солнечной энергии в химическую энергию фотосинтезирова-	Как правило, небольшой по объему декоративный компонент. Для питания консументов необходимо
	ного вещества.	поступление связанной в веществе энергии из-за пределов системы.
Макроконсументы	Соответствуют принципу пирамиды масс	Резко преобладают; доминируют человек, немногие виды домашних и диких животных.
Микроконсументы	В состоянии минерализовать все мертвое органическое вещество.	Играют небольшую роль ввиду огромной массы отходов, которые должны транспортироваться за пределы системы и там перерабатываться.

Поток энергии	Каскадоподобный поток энергии, поступающей преимущественно от Солнца.	Солнечной энергии достаточно, приток энергии из вне.
Круговорот веществ	Замкнутый, объем внутреннего круговорота больше обмена с окружением системы.	Разорванный, объем внутреннего круговорота веществ меньше обмена с окружением. Поступление биомассы для поддержания макроконсументов из-за пределов экосистемы.
Продуктивность	В начале сукцессии высокая, затем снижается до сравнительно низкого уровня (климакс).	Незначительная, подчинена потребностям человека.
Стабильность	Сравнительно высокая, динамическое равновесие.	Низкая, система постоянно подвергается различным антропогенным нарушениям.
Способность к регуляции	Саморегуляция	Почти отсутствует, человек должен выполнять регуляторную функцию, дополнительно затрачивая вещество и энергию.
Пищевые цепи	В виде многозвенных биоценологических коннексов.	В значительной степени случайные, обычно короткие.

### **Микроклимат городской среды.**

#### **Образование «острова тепла»**

Города, особенно крупные, имеют свой микроклимат, существенно отличающийся от окружающей среды. На метеорологический режим города влияют следующие факторы:

1. изменение альbedo (отношение отраженной радиации к суммарной) земной поверхности, которое для застроенных районов обычно меньше, чем для загородной местности;
2. уменьшение средней величины испарения с земной поверхности;
3. выделение тепла, создаваемого различными видами хозяйственной деятельности;
4. увеличение в черте города шероховатости земной поверхности по сравнению с загородной местностью;
5. загрязнение атмосферы различными примесями, образуемыми в результате хозяйственной деятельности.

Таким образом, архитектурно-планировочные и техногенные особенности городской территории способствуют формированию местного климата, отличного от климата пригородных территорий (табл. 2).

**Таблица 2 - Различия климата в крупных городах и прилегающей сельской местности в средних широтах**

<b>Метеорологические факторы</b>	<b>В городе, по сравнению с сельской местностью</b>
Радиация общая	на 15 – 20% ниже
Ультрафиолетовое излучение зимой	на 30% ниже
Ультрафиолетовое излучение летом	на 5% ниже
Продолжительность солнечного сияния	на 5-15% ниже
Температура среднегодовая	на 0,5 – 1,0 °C выше

средняя зимняя	на 1 -2 °С выше
Продолжительность отопительного сезона	на 10% меньше
Примеси - ядра конденсации и частицы - газовые примеси	в 10 раз больше в 5 – 25 раз больше
Скорость ветра среднегодовая штормовая штили	на 20 – 30% ниже на 10 – 20% ниже на 5 – 20% чаще
Осадки суммарные в виде снега	на 5 – 10% больше на 5% меньше
Число дней с осадками меньше 5 мм	на 10% больше
Количество облаков	на 5 – 10% больше
Повторяемость туманов зимой летом	на 100% больше на 30% больше
Относительная влажность летом иногда	на 8% меньше на 11 - 20% меньше
Грозы (частота)	в 1,5 – 2 раза меньше

**Радиационный и тепловой баланс.** *Радиационный баланс земной поверхности*, представляющий собой разность между приходящей в виде радиации солнечной энергии и собственным излучением земли как планеты, составляет 29 единиц. Это и есть именно та величина, которая расходуется собственно на "тепловые нужды" планеты Земля. Из этого количества наибольшая часть уходит на испарение воды с поверхности суши и океанов — 24%, остальное тепло расходуется на нагревание поверхности земли и приземного слоя атмосферы. Принято считать, что за длительное время тепловой баланс всей системы "земля-атмосфера" равен нулю, т.е. Земля как планета находится в состоянии теплового равновесия.

Рассматривая *структуру теплового баланса в городе* можно выделить следующие особенности:

- тепловой баланс в городе складывается из естественной и техногенной составляющих;
  - каждая из этих составляющих имеет приходные и расходные части, однако принято считать, что в годовом цикле приходная и расходная части уравновешены;
  - размер приходной части техногенной составляющей теплового баланса имеет тот порядок, что и исходная часть естественного баланса, однако говорить о сравнимости этих частей можно только в холодное время года, когда приход солнечной радиации минимален в годовом ходе, а расход энергоресурсов – наоборот, максимален;
  - в теплое полугодие влияние городской застройки на тепловой баланс выражается, главным образом, в увеличении поглощенной части солнечной радиации за счет снижения альбедо территории города по сравнению с незастроенными территориями.
  - солнечная радиация в условиях крупных промышленных центров оказывается пониженной вследствие уменьшения прозрачности воздуха, высокой застройки в узких улицах;
- снижение альбедо городской застройки увеличивает приходную часть -- теплового баланса на величину, имеющую больший размер, чем все приходные части техногенного теплового баланса в зимнее время.
- из-за уменьшения прозрачности воздуха в городах меняется его спектральный состав, который обеднен фотосинтетически активной радиацией.

Таким образом, за счет перераспределения составляющих теплового баланса в летнее время город летом оказывает более заметное, чем зимой, влияние на собственную климатическую систему. Отсюда и более заметное влияние городской застройки на

основные климатические характеристики (температура воздуха и почвы, влажность воздуха, осадки) именно в летнее время, о чем будет сказано ниже.

### **Основные закономерности микроклимата в условиях застройки.**

**Тепловой режим.** Температура воздуха испытывает наиболее сильное влияние урбанизации территории и, несомненно, является одним из наиболее ощутимых населением метеопараметром. Температурные различия между урбанизированной территорией и окружающими ее неосвоенными или слабо освоенными ландшафтами зависят от ряда факторов. Прежде всего - это размеры города, плотность застройки его территории и синоптические условия, характер погоды в данный момент времени.

Одной из наиболее значительных особенностей городского климата является возникновение в городе так называемого «*острова тепла*», который характеризуется повышенными по сравнению с загородной местностью температурами воздуха (рис. 1).

Возникает это явление сразу по нескольким причинам.

*Во-первых*, в городах уменьшается альбеда подстилающей поверхности вследствие появления на ней зданий, сооружений, искусственных покрытий. Уменьшение альбеда в результате застройки территории приводит к более интенсивному по сравнению с незастроенными территориями поглощению солнечной радиации, накоплению конструкциями зданий и сооружений поглощенного днем тепла с его отдачей в атмосферу в вечерние и ночные часы. Кроме того, на урбанизированных территориях резко уменьшается расход тепла на испарение за счет сокращения площадей с открытым почвенным покровом и занятых зелеными насаждениями, а быстрое удаление атмосферных осадков системами дождевой канализации не позволяет создавать запас влаги в почвах и поверхностных водоемах. Городская застройка также приводит к формированию зон застоя воздуха, при малых скоростях ветра препятствует турбулентному перемешиванию приземного слоя атмосферы и выносу тепла в ее вышележащие слои. Следовательно, теплоотдача застройки за счет ухудшения условий турбулентного перемешивания в приземном слое уменьшается по сравнению с незастроенными территориями, тепло как бы накапливается внутри застройки, приводя к ее перегреву.

*Во-вторых* образованию "острова тепла" на территории города способствует изменение прозрачности атмосферы. Поступающие в атмосферный воздух различные примеси от предприятий и транспорта приводят к существенному уменьшению суммарной солнечной радиации. Но в еще большей степени они уменьшают встречное инфракрасное излучение земной поверхности, что в сочетании с теплоотдачей зданий и промышленных объектов приводит к появлению местного "парникового эффекта" и развитию на территории городов аномалий температуры, т.е. город как бы "накрывается" одеялом из парниковых газов и аэрозольных частиц.

Наиболее ярко контраст температуры город-пригород проявляется в ясную, безветренную погоду и исчезает в ветреную облачную погоду. В вечернее время и первые после захода солнца часы за счет особенностей процессов формирования острова тепла температурный контраст резче, чем в полдень, а летом проявляется лучше, чем зимой при аналогичных синоптических ситуациях.

Средняя температура воздуха в большом городе обычно выше температуры окружающих районов на 1—2 °С, однако ночью при небольшом ветре разность температур может достигать 6—8 °С. Над центрами крупных городов «остров тепла» возвышается на 100—150 м, а в городах меньших размеров — на 30—40 м. Закономерности изменения температуры воздуха при переходе от сельской местности к центральной части города показаны на рис. 1. На границе раздела «город — сельская местность» возникает значительный горизонтальный градиент температуры, соответствующий «утесам острова тепла», достигающий иногда 4 °С/км. Большая часть города представляет «плато» теплого воздуха с повышением температуры по направлению к центру города. Термическая однородность «плато» нарушается «разрывами» общего характера поверхности в виде

областей холода – парки, водоемы, луга и областей тепла – промышленные предприятия, плотная застройка зданиями.

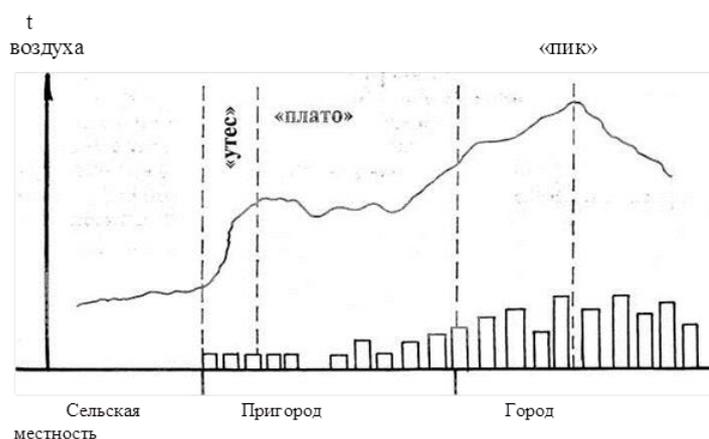


Рисунок 1 - Сечение «острова тепла» над городом

Над центральной частью больших городов располагается «пик острова тепла», где температура воздуха максимальна. В крупных агломерациях может наблюдаться несколько таких «пиков», обусловленных наличием промышленных предприятий.

Формирование "острова тепла" на застроенных территориях имеет целый ряд прямых или косвенных экологических и биоклиматических эффектов и последствий как положительного, так и отрицательного характера. Приведем примеры. Прямой отрицательный биоклиматический эффект "острова тепла" - снижение в летнее время комфортности условий пребывания населения на территории города в результате повышения температуры воздуха в сочетании с уменьшением скорости ветра. В холодное время года биоклиматический эффект носит позитивный характер. За счет тех же факторов, а также за счет повышения абсолютных минимумов температуры дискомфортность условий пребывания населения на открытых пространствах уменьшается.

*Экологические последствия эффекта "острова тепла":*

- "Смещение" территории города по своим климатическим характеристикам в южном направлении: увеличиваются безморозный и бесснежный периоды на территории города, более раннее наступление вегетационного периода.
- Увеличение числа дней с оттепелями. В холодное полугодие переход температуры воздуха через 0°C создает проблемы не только хозяйственным, дорожно-эксплуатационным службам города, но и состоянию компонентов его природной среды, в первую очередь – зеленой растительности.

**Влажность воздуха, туманы и атмосферные осадки** также изменяются под влиянием городской застройки, однако эти изменения носят менее очевидный характер и являются звеньями более сложной цепи причинно-следственных связей.

*Влажность воздуха* в городе изменяется (на застроенных участках понижается абсолютная и относительная влажность воздуха) под действием нескольких факторов, перечислим основные из них:

- существование на территории города «острова тепла» (с данной аномалией связывают примерно половину величины снижения относительной влажности воздуха);
- снижение проницаемости для осадков подстилающей поверхности и создание инженерных сетей по отводу поверхностного стока с территории города;
- уменьшение испарения в условиях городской среды.

Снижение значения абсолютной влажности воздуха, наблюдается в теплое полугодие на большей части территории городов, расположенных в умеренной климатической зоне. В холодное время года абсолютная влажность в черте города, наоборот, - выше, чем за

городом. Это объясняется повышенной температурой воздуха в городе и, как следствие, повышением испарения снежного покрова, а также техногенной эмиссией водяного пара в процессе сжигания органического топлива (конечным продуктом которого является водяной пар).

*Образование туманов* имеет целый ряд физических причин. По генетической классификации выделяют туманы испарения, охлаждения, туманы смешения и туманы восхождения. Для большинства городов умеренной зоны, расположенных на равнинах, наиболее характерны туманы охлаждения, которые подразделяются на:

- адвективные;
- радиационные.

**Адвективные туманы** возникают при адвекции теплых воздушных масс на холодную подстилающую поверхность, что приводит к охлаждению воздуха и конденсации влаги. Эти туманы характерны для холодного полугодия. Продолжительность таких туманов может составлять от нескольких часов до суток и более. **Радиационные туманы** связаны с понижениями температуры в ее суточном ходе, чаще всего наблюдаются в теплое полугодие при спокойной ясной погоде в вечерние и утренние часы.

Повторяемость и продолжительность туманов в естественных условиях определяется ходом температуры, количеством влаги в атмосфере, атмосферными процессами и рельефом местности. В городских условиях эта связь осложняется еще несколькими факторами антропогенного характера, прежде всего - "островом тепла", антропогенной эмиссией водяного пара и наличием в воздухе ядер конденсации. За счет "острова тепла" к центру города повторяемость (число дней с туманами) и продолжительность туманов уменьшается. Опасность туманов для экологии городской среды заключается в том, что капли тумана растворяют находящиеся в атмосфере загрязняющие вещества, которые, взаимодействуя друг с другом и солнечной радиацией, способны образовывать химические соединения, более сложные и опасные для здоровья населения и растений, чем исходные загрязнители атмосферного воздуха (например  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Своеобразие *формирования облачности и осадков над городом* (по сравнению с аналогичной по остальным параметрам незастроенной территории) определяется двумя антропогенными факторами:

Более развитой конвекцией. Данный фактор играет главную роль летом, стимулируя образование внутримассовых кучевых и кучево-дождевых облаков.

Огромным количеством выбрасываемых в атмосферу гигроскопических ядер конденсации. Присутствие в воздухе ядер конденсации антропогенного происхождения настолько стимулирует процесс осадкообразования в возникающих облаках, что с подветренной стороны может даже наблюдаться заметное (на 2-3 мкм) уменьшение диаметров облачных и дождевых капель, т.е. образование облаков и дождя над городом "опережает" естественное развитие событий.

Второй фактор доминирует над первым зимой, способствуя более быстрой конденсации влаги в слоях, характеризующихся инверсией температуры, поскольку зимой влаги в городском воздухе больше, чем в сельской местности. Для обоих сезонов отмечается увеличение осадков с наветренной стороны городов.

С точки зрения экологических последствий влияния городов на выпадение осадков следует отметить, что зимой отмечается снижение до 5% в выпадении снега, летом наибольшие суммы осадков выпадают над городом, но не в центре, а на окраине.

Движение воздушных масс. Поле скорости ветра в условиях города находится под влиянием двух основных факторов: шероховатости подстилающей поверхности (городской застройки) и городских «островов» тепла.

Следует отметить, что влияние городской застройки на среднюю скорость ветра не однозначно. С одной стороны, это связано с тем, что очень часто влияние застройки

"маскируется" особенностями рельефа города. С другой стороны, пространственная структура в застройке такова, что не дает возможности говорить о "непрерывности" ветровых полей, характеризуется их сильной контрастностью. Так, например, зоны застоя воздуха, формирующиеся в периметрально-замкнутой застройке или в отдельных дворах чередуются со струйными течениями вдоль застроенных сплошным фронтом "каньонов" городских магистралей, а "погашенная" у поверхности земли скорость ветра может компенсироваться усилением скорости ветра, обтекающего высотные здания. Многоэтажная застройка вдвое и более уменьшает скорость ветра. Но в некоторых случаях возможно усиление ветра, например, в городах, располагающихся на холмистой местности или при совпадении направления ветра с направлением улицы («эффект аэродинамической трубы»). Высокие здания могут способствовать образованию нежелательных вихревых потоков, обтекающих стены здания.

Суммарный эффект воздействия урбанизированной территории на скорость ветра в большинстве случаев выражается в увеличении числа безветренных ( $v < 2$  м/с) дней в городе и снижении максимальной скорости ветра в среднем на 10-30% по сравнению с пригородной незастроенной территорией. Причем чем больше площадь города и чем выше плотность застройки, тем устойчивее ее влияние на скорость ветра.

С эффектом «островов тепла» связано локальное увеличение интенсивности циркуляции конвекционных потоков воздуха. При этом значительно — на 20% по сравнению с сельской местностью — уменьшается горизонтальное движение воздушных масс, и усиливается восходящее движение над городом, напоминающее бриз. Восходящие токи воздуха над городом вызывают в тихую погоду приток прохладного воздуха от периферии к центру, получившего название «сельского бриза». Движению воздуха способствует и различное нагревание городских улиц, зданий, обуславливающее местную циркуляцию воздуха. В ней восходящий поток образуется над поверхностью освещенных стен, а нисходящий — над затененными стенами и частями улиц или дворов. В результате по ночам (максимум развития "острова тепла") ветер в городе ослабляется не так сильно, как днем, и временами может быть даже больше, чем в пригородной зоне, со всеми вытекающими из этого последствиями: уменьшение вероятности утренних туманов, повышение ночных минимумов температуры воздуха и уменьшение повторяемости приземных инверсий.

С учетом реально сформировавшихся климатических условий города и условий природно-климатической зоны проводят мероприятия по улучшению городского климата, которые условно могут быть разделены на следующие группы:

- 1) Мероприятия по регулированию скорости ветра и вентиляции города (планировка городской застройки и улиц, ориентация зданий, создание древесно-кустарниковых и травянистых насаждений различного типа, систем водоемов и т.д.).
- 2) Мероприятия по уменьшению потерь тепла зданиями (конструкция окон, ориентация зданий, планировочные решения, касающиеся взаимного расположения зданий и групп зеленых насаждений).
- 3) Мероприятия по регулированию относительной влажности воздуха (создание водоемов и водотоков, увеличение площади поверхности с естественным проницаемым покровом, полив зеленых насаждений, мойка улиц и площадей и т.п.).
- 4) Мероприятия по борьбе с загрязнением воздушного бассейна путем расположения загрязняющих объектов вне городской черты или с подветренной части городов, переходом на менее токсичные виды топлива, использованием более экономичных установок для сжигания топлива, регулированием или прекращением выбросов вредных веществ при неблагоприятных метеоусловиях вплоть до приостановки работы предприятий, переходом на безотходные или замкнутые циклы производства, предотвращением пыления в промышленности, строительстве, транспорте.

5) Мероприятия по регулированию поступления солнечной радиации (планировка улиц и кварталов, зеленых насаждений, использование разноуровневой застройки, окраска стен, крыш и мостовых, конструкция зданий и их элементов и т.п.).

Все эти мероприятия должны использоваться интегрировано. Использование лишь отдельных элементов не может значительно улучшить условия проживания людей в городах.

### Социально-экологические концепции города

Вопросы экологии городской среды в XX в рассматривались социологами в концепциях развития городов. Период расцвета экологических концепций города пришелся на середину 20-х – середину 30-х годов. Вопросами развития города занимался французский социолог *Э.Дюргейм*, представители Чикагской экологической школы *Р.Парк* и *Л.Вирт*.

В западной социологии различные модификации «классического» экологического подхода к городу представляют собой серию попыток прямого введения биологического знания в социологию путем биологической интерпретации ряда социальных функций города. В рамках самой экологической концепции предпочтение отдавалось организму (городу) в ущерб среде. Понятие природы отсутствовало в этих моделях – город представлялся пространством конкурентной борьбы социальных сил, а пространственная экологическая структура города – результат борьбы этих сил. Этот общий принцип пронизывал все уровни экологического анализа. Если речь шла о росте города, то природа рассматривалась как потребное для этого пространство.

Вопросами развития города занимались и американские ученые. Так концепция «*постгородского века*» принадлежала американскому урбанисту *М.Веберу*: «научно-техническая революция ведет к завершению урбанизации, стимулирует формирование общества «большого масштаба», которое создает принципиально иную экологическую структуру города».

Среди советского урбанизма выделяют концепцию «*зонального города*», предложенную в 1929г. *Н.Л.Милютин*ым. Автор предлагал создать систему параллельных зон производства, жилья и зеленых (защитных) полос с шоссейной магистралью.

*Информационные модели городского развития* имели четко технократическую ориентацию (*Ж.Готтман*, *К.Дейч*, *Р.Мейер* и др.). Основной тезис данных концепций: «обладание информацией – потенциальная возможность контроля и управления условиями существования и развития города и общества».

Под воздействием технократических воззрений 60-х годов возникли многочисленные *машиноподобные* и *кибернетические модели города*. Согласно им, город – большая система, устойчивость которой интерпретируется путем математических аналогий и знаков. Человек в данных моделях фигурирует как статистическая единица. Природа по-прежнему присутствует лишь как пространство и ресурс функционирования городского организма.

Еще один блок моделей города, в котором можно выделить по крайней мере три варианта: вариант *технополиса*, вариант *акваполиса*, вариант с условным названием «*космополис*». Все эти модели создавались на принципах антропоцентризма, технократизма, гигантизма, элитаризма и поэтому оказались примерами по существу тупиковых решений проблем социоприродного взаимодействия.

Следует отметить, что социально-экологические концепции города начали обосновываться глубокими теоретическими положениями практически с начала 70-х годов. Ученые, занимающиеся проблемами урбанизации, в процессе исследований и анализа динамики расширения городов и их влияния на окружающую среду больше стали использовать данные естественных наук (географии, геологии, биологии, медицины), данные космических исследований о глобальных природных процессах. Подробней стали изучаться вещественно-энергетические аспекты и последствия функционирования различных городских систем и их составляющих (энергетика, промышленность,

транспорт, коммунальное хозяйство). Глубже стал проводиться анализ развития и роли социально-культурных элементов городской среды, появления индивидов и разных социальных групп населения в городах, в экстремальных экологических ситуациях, в напряженных экологических условиях.

Социологическая теория города подвергается все большей экологизации, исследования направляются на поиск средств для адаптации к ухудшающейся экологической ситуации, к растущему дефициту природных ресурсов. Но в этот период все усилия были еще направлены на сохранение достигнутых в городах благ, а не на поиск путей воспроизводства целостной природно-городской среды, не на переосмысление сложившихся ценностей и уклада жизни общества.

Концепция построения *экополиса*. Вариант данной модели пока обсуждается в качестве теоретической идеи. Под термином «экополис» обычно понимают городское поселение, при планировании, проектировании и строительстве которого учитывается комплекс экологических потребностей человека, включая создание благоприятных условий для существования многих видов растений и животных в его пределах. Идея экополиса достаточно активно прорабатывается еще с давних времен. Моделей экополиса предлагалось много, причем все они достаточно близки. Так, по Н.Ф.Реймерсу (1992г) принципы создания экополиса должны отвечать следующим трем требованиям:

1. соразмерность архитектурных форм (домов, улиц) росту человека;
2. пространственное единство водных и озелененных площадей, расчленяющих город на «субгорода»;
3. жилые постройки должны включать элементы природного окружения непосредственно у дома, квартирное озеленение (вертикальное озеленение улиц, газоны на крышах домов).

### **Концепция устойчивого развития городов**

Впервые термин «устойчивого развития города» определен в докладе Комиссии ООН по окружающей среде и развитию в 1992г. Он подразумевает программы стабилизации численности населения и объемов промышленного производства, развития экономики, не разрушающей природу Земли. В концепции устойчивого развития *понятие городской среды обитания* не ограничивается экологическими аспектами взаимодействия человека и природы. *Город рассматривают как целостный антропоприродный комплекс, где обществом должны быть обеспечены и сохранены для потомков оптимальные условия существования.* Не в ущерб экологической составляющей усилена привлекательность городской среды за счет упорядочения хозяйственно-экономической деятельности и расширения различного вида услуг.

Устойчивое развитие городов определено как гораздо более широкая концепция, чем защита окружающей среды. Это понятие имеет как социально-экономические, так и культурные и экологические характеристики. Проблема устойчивого развития городов включает проблемы, испытываемые внутри городов, проблемы, вызываемые или создаваемые городами, а также потенциальные решения, могущие быть найденными и представленными городами.

Приток населения в города связан с их притягательностью, которая заключается в том, что крупные населенные пункты являются центрами трудовой деятельности.

Полифункциональные города обеспечивают многообразие средств существования и предоставляют возможность выбора рабочих мест. Одновременно открывается широкий спектр культурных и социальных услуг. Объединение разнообразных мест приложения труда и удовлетворение социально-бытовых потребностей очень важны для человека XXI века. Среду обитания, в полной мере обладающую такими свойствами, признают оптимальной, но только при условии обеспечения защиты от отрицательного воздействия, вызываемого концентрацией людей на небольших площадях.

Однако по заключению ООН большинство современных городов обладают отрицательными свойствами, основными из которых являются:

- интенсивное загрязнение окружающей среды продуктами хозяйственной деятельности, сконцентрированной в одном месте;
- нарушение баланса в использовании трудовых ресурсов коренного населения, изменения свойств занимаемой аборигенами «экологической ниши»;
- недостаточный уровень жилищных, лечебных и санитарно-гигиенических услуг, вызванный перенаселенностью и скученностью;
- расширение городских территорий, что влечет за собой удаление друг от друга пунктов притяжения населения и связанное с этим ухудшение транспортного обслуживания, если не решены проблемы интенсификации и организации движения;
- недостаточное водо- и энергоснабжение, водоотведение и утилизация твердых отходов.

В связи с изложенным, можно определить **узловые проблемы устойчивого развития городов**. Одна из них - это долгосрочное планирование экономической и производственно-хозяйственной деятельности. Существует потребность в развитии градообразующей базы с созданием разнообразных мест приложения труда. Это важно для жителей, поскольку открываются широкие возможности выбора рабочих мест. При определении состава производств следует учитывать сложившиеся у населения стереотипы. Задействовать в производстве и хозяйстве людские ресурсы в соответствии с их демографо-трудовыми особенностями и квалификацией.

Другая проблема формирования градостроительной базы связана с экологической безопасностью среды обитания. Необходимо внедрение во все производства ресурсосберегающих, мало- и безотходных технологий. Нужно совершенствовать и строить сооружения очистки и утилизации твердых и жидких отходов.

Еще одна проблема - это рациональное развитие инженерных инфраструктур жизнеобеспечения города. Цель их развития заключается в удовлетворении потребностей населения в таких ресурсах, как чистая вода, электричество и другая энергия.

К системам инженерной инфраструктуры относятся и транспортная. Необходимо постоянное улучшение транспортного обслуживания горожан путем реконструкции существующей улично-дорожной сети, совершенствования организации городского движения и связей с внешним транспортом.

Социальную политику рекомендуют ориентировать на увеличение палитры культурно-бытовых услуг. Рационально всеми средствами расширять систему объектов культуры, отдыха и торговли. В связи с возникшей потребностью в религиозно-культовых сооружениях восстанавливать их и строить новые.

В городах весьма остра проблема сохранения ландшафтов. В целях предотвращения их деградации следует щадяще использовать земельные ресурсы. Оптимально сочетать освоение новых территорий с уплотнением существующей застройки. Учитывать, что расширение городов, помимо прочих следствий, влечет за собой проблему транспортных перевозок на большие расстояния.

Устойчивая и экологически оптимальная городская среда обитания может быть создана только при рациональном сочетании хозяйственной деятельности с природоохранными мероприятиями. Поэтому по рекомендациям ООН стратегию и тактику содержания и развития городов необходимо строить на принципах комплексного подхода к объемно-планировочной организации территорий. Такая организация является предметом градостроительного планирования. *Следовательно, в соответствии с концепцией ООН градостроительство неразрывно связано с организацией оптимальной среды обитания, экологически достаточно чистой и обязательно устойчивой во времени.*

## **Экология городской среды: история вопроса и перспективы развития городов в будущем**

### **Урбоэкологическое зонирование региона и агломерации**

Экологическое равновесие может быть достигнуто только на обширных территориях, поскольку плотно застроенный город не в состоянии обеспечить

воспроизводство основных природных ресурсов. *Экологическое равновесие* в градостроительстве определяют как состояние природно-антропогенной среды, при котором обеспечивается ее длительная устойчивость. Охраняемые природные заповедники и лесные массивы, почво- и водоохранные зоны создают не только для сохранения ценных ландшафтов, редких видов флоры и фауны. Они приобретают новую функцию – противовеса негативному воздействию индустриализации. На степень экологического равновесия влияет соотношение зон с различными экологическими и хозяйственными режимами. Пространственные системы расселения в крупных регионах необходимо организовывать с учетом взаимодействия урбанизированных и природных структур. С экологических позиций регион можно представить как *биоэкономическую территориальную систему* (БТС), в которой целесообразно выделить три урбоэкологические зоны: хозяйственной активности, экологического равновесия и буферную.

*Зоны наибольшей хозяйственной активности* объединяют системы расселения с крупными городами — центрами регионов, агломераций и местных планировочных образований (Рис. 2). Это наиболее плотно заселенные территории и поэтому техногенное воздействие на природу здесь велико. Помимо промышленности эти районы могут включать зоны с интенсивным сельским хозяйством или предприятиями добывающей промышленности. Режим использования земель в таких зонах может быть определен в зависимости от функций градообразующей базы. Исходя из совокупности социальных и экономических потребностей региона расчетным путем можно установить ресурсопотребление. Выделить не только зоны наибольшей активности, но и *зоны ограниченного развития*.

*Зоны экологического равновесия.* Здесь сохраняют ландшафты, необходимые для воспроизводства природных ресурсов. Проводят мероприятия по защите окружающей среды, сохранению водного баланса, чистоты рек и других открытых водоемов. Ограничивают промышленное использование земель, запрещают хозяйственную вырубку лесов, поддерживают лесистость в пределах 40—50%. Размеры зон экологического равновесия определяют расчетом. При этом решают задачу устойчивости природно-антропогенной системы по критерию ее функционального развития.

*Буферные зоны* несут функции компенсации экологической неполноценности региональных систем расселения в наиболее заселенных районах страны. Они также обеспечивают экологическое равновесие в перспективе при дальнейшем хозяйственном развитии регионов. Буферные зоны увязывают с внешними границами БТС, а ширину назначают в пределах 100—150 км. Стремятся установить хозяйственно-экономический режим по аналогии с зонами экологического равновесия.

*Компенсационные зоны* призваны возмещать изъятие системами расселения природных ресурсов в масштабе страны. Для этой цели используют наименее освоенные территории, как правило, обладающие значительным экологическим потенциалом. В результате природоохранного анализа и урбоэкологического зонирования территории, создают экологический каркас региона (Рис. 2).

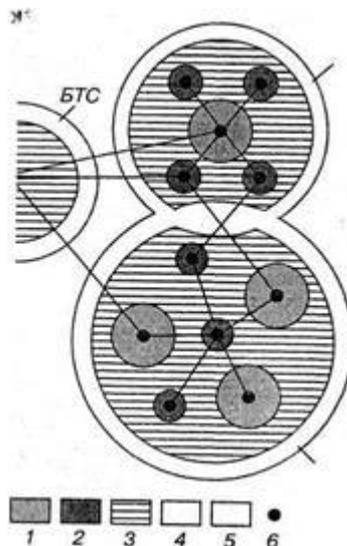


Рисунок 2 - Схема экологического каркаса пространственной организации расселения

*Примечание:* 1 - зона наибольшей хозяйственной активности; 2 - то же, ограниченного развития; 3 - то же, экологического равновесия; 4 - буферная зона; 5 - компенсационная зона; 6 - города, центры планировочных образований; БТС - биоэкологическая территориальная система.

#### **Антропогенная нагрузка на почвы в условиях городской среды**

**Геохимическое засорение**, являющееся следствием попадания в почвы и грунты химически активных веществ. Перечислим основные источники химического загрязнения городских почв.

*Электролиты (хлориды кальция и натрия)*, содержащиеся в противогололедных смесях. Максимальное содержание легкорастворимых солей в верхних горизонтах почв города отмечается в весенний период. Концентрация хлористого натрия в снеговой воде в десятисантиметровой зоне около дорог может достигать 1300-1900 мг/л, тогда как на фоновых участках не превышает 1-2 мг/л. Летом, по мере промывания дождевыми водами, уровень солей снижается, достигая минимума в осенний период. Зона распространения солевых аэрозолей в снеговом покрове от 30 до 150-200 м в зависимости от конкретных ландшафтных условий. Механические барьеры (здания, кустарники, деревья) уменьшают дальность переноса аэрозолей солей, резко увеличивая их концентрацию в непосредственной близости от дорог. Открытые пространства, наоборот, способствуют более дальнему переносу, при этом по мере удаления от дороги уровень концентрации соли в снегу постепенно убывает.

Хлориды натрия и кальция разрушительно действуют на почвенные коллоиды и вызывают при определенных концентрациях гибель растений. Например, содержание солей начиная с 0,25% токсично и приводит к различным отклонениям, а содержание более 0,5% является пределом нормального роста и приводит к гибели растений. Во избежание осолонцевания почв необходимо поддерживать оптимальное соотношение катионов в составе солевого комплекса. Критерием является показатель SAR, который рассчитывается по формуле Ричардсона:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

Предельно допустимая величина SAR составляет 10 при минерализации вод до 1 г/дм<sup>3</sup> и снижается до 4 при повышении минерализации до 3 г/дм<sup>3</sup>.

*Автотранспорт.* В почвах придорожных зон наиболее интенсивно накапливается свинец, цинк, серебро, в меньшей степени медь, олово, хром, никель, молибден, кобальт, марганец, железо.

Выявлено несколько зон аккумуляции транспортного загрязнения в почвах:

- Первая зона обычно расположена в непосредственной близости от автодороги, на расстоянии до 15-20 м.
- Вторая зона на удалении 20-100 м. На открытых пространствах вторая зона проявлена обычно слабее, в связи с благоприятными условиями рассеивания воздушного потока.
- Иногда отмечают третью зону аномального накопления элементов, находящуюся от дороги на расстоянии около 150 м.

Для крупных автомагистралей с большим количеством полос движения загрязнение почв металлами проявляется слабее, чем для узких магистралей. Это объясняется тем, что на широких магистралях автомашины движутся с большей скоростью, расходуя меньше бензина и тем самым уменьшая выбросы в атмосферу.

На урбанизированных территориях загрязнение почвы происходит также в результате выбросов *промышленности*. Загрязняющие группы химических веществ промышленных предприятий: тяжелые металлы и их соединения, циклические углеводороды, бенз(а)пирен, радиоактивные вещества. Тяжелее всего почва справляется с жидкими и твердыми токсичными отходами. Вследствие промышленных выбросов в ней накапливается избыточное количество химических соединений, губительно действующих на организм человека и животных. К таким веществам относятся соединения ртути, мышьяка, меди, свинца, фтора. Вокруг промышленных предприятий зачастую создаются зоны, почва которых сильно загрязнена подобными элементами. Так, в окрестностях суперфосфатного и ртутного комбинатов в зависимости от удаленности от него 1 кг почвы может содержать от 1,3 до 4,6 мг ртути. Соединения серы вызывают подкисление почв, а аммиак, сода и соединения магния — подщелачивание.

В результате *работы коммунального хозяйства*, утечек канализации и отстойников наблюдается загрязнение почвы тяжелыми металлами, циклическими углеводородами, нитратами, нитритами, фосфатами и пестицидами.

Геохимическое загрязнение происходит и за счет утилизации и хранения бытовых и промышленных отходов, в состав которых входят токсичные химические элементы, большое количество компонентов синтетического происхождения, которые практически не расщепляются естественным путем и накапливаются в окружающей среде.

Уровень загрязнения почв характеризуется величиной коэффициента концентрации  $K_{Ci}$ , которую определяют из соотношения:

$$K_{Ci} = \frac{C_i}{C_{\Phi i}},$$

где  $C_i$  – концентрация загрязняющего вещества в почве;  $C_{\Phi i}$  – фоновая концентрация загрязняющего вещества, мг/кг почвы.

Загрязнение обычно бывает полиэлементным, и для его оценки рассчитывают суммарный показатель загрязнения, представляющий собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентраций над фоновым:

$$Z_c = \sum K_{Ci} - (n - 1),$$

где  $K_{Ci}$  – коэффициент концентрации элемента;  $n$  – число элементов с  $K_{Ci} > 1$ .

Величину суммарного показателя загрязнения почв используют для оценки уровня опасности загрязнения территории города. Значение данного показателя до 16 соответствует допустимому уровню опасности для здоровья населения; от 16 до 32 – умеренно опасному; от 32 до 128 – опасному; более 128 – чрезвычайно опасному.

**ПДК почвы** – предельно допустимая концентрация вещества в почве, которая не должна прямо или косвенно влиять на среду, нарушать самоочищающую способность почвы и отрицательно воздействовать на здоровье человека.

**Геоморфологические изменения:**

1. Основная тенденция в изменении городского рельефа – его выравнивание;
2. Наличие отрицательных форм рельефа антропогенного происхождения (строительные котлованы, карьеры);
3. Образование положительных форм рельефа (накопление твердых отходов в виде насыпей).

**Изменение гидрологических условий** происходит в результате градостроительной деятельности. К числу гидрологических нарушений на территории города относят:

*Просадки* поверхности, характерные для зон залегания лессовых пород. Способность этих отложений к проседанию при замачивании обуславливает специфику строительства на этих участках. Просадки возникают и например, при неумеренном заборе из подземных горизонтов воды для бытовых и хозяйственных нужд.

*Карстовые провалы* возникают в результате движения подземных вод в известняках и других нестойких породах. В городах этот процесс чаще всего является следствием техногенного нарушения водоупорных пород выработками, буровыми скважинами; через них вода проникает в карстовые породы.

*Суффозионные процессы* – вымывание наносных мелкозернистых грунтов. *Оползневые явления* наблюдаются в городах при нарушении природного состояния геологических пород. Причины сползания пород в условиях города разнообразны – это подгрузка склонов застройкой, подработка склонов, подтопление подземными водами, вибрационное воздействие транспортных средств или взрывов.

*Подтопление городских территорий.* К подтопленным городским территориям относятся такие, на которых уровень грунтовых вод расположен выше 2,5 м от отметки поверхности земли. Подтопление в силу большого разнообразия природных условий и состава пород, слагающих территорию городской агломерации, происходит по-разному.

Основными причинами развития подтопления в городах являются: изменение условий поверхностного стока, в частности создание водохранилищ; засыпка оврагов, балок, стариц; недостаточное развитие сети ливневой канализации и плохое ее состояние; развитие сетей водоснабжения без соответствующего строительства системы водоотведения; утечка из сетей водопровода и канализации и аварии на них; воздействие коллекторов большого диаметра, тоннеле метрополитена.

*Затопление*, т.е. образование свободной поверхности воды над земной поверхностью, является одним из наиболее распространенных природных процессов, связанных с выходом рек из берегов. Затопление на урбанизированных территориях характеризуется уровнем подъема воды и частотой повторяемости. Эти характеристики находятся в прямой зависимости от площади с водонепроницаемым покрытием (застройка, асфальт) и от объема ливневого стока. Затоплению подвергаются большинство городов, расположенных в поймах рек, периодические затопления нагонной природы характерны для Санкт-Петербурга.

**Механическое загрязнение** – засорение почв крупнообломочным материалом в виде строительного мусора, битого стекла, камня и других отходов.

**Физическое воздействие** крупного города с развитой транспортной сетью, большим промышленным и энергетическим потенциалом проявляется в местном изменении температурного режима почв, электрического и магнитного полей. Возникают вибрационные поля. Создается физическое загрязнение геологической среды города.

Воздействие *вибрационного* поля на литогенную основу городской среды различно в зависимости от типа пород, на которые воздействует вибрация. При предрасположении массива пород к проявлению таких геологических процессов, как оползни, обвалы, карст, плывунные явления, воздействие вибрации может вызвать подвижки пород и тем самым

значительно усилить интенсивность и отрицательные последствия этих явлений. Основным источником вибрации по отношению к литогенной основе территории и инженерным объектам, находящимся в ней, являются транспортные магистрали. В качестве верхнего предела допустимого вибрационного воздействия на геологическую среду принимается 73 дБА, что соответствует скорости перемещения частиц породы примерно  $225 \cdot 10^{-6}$  м/с. Эти условия создаются, когда наряду с автомобильным транспортом или независимо от него функционирует рельсовый транспорт с регулярным движением.

*Тепловое загрязнение* геологической среды в городах представляет собой повышение ее температуры относительно естественных значений. На территории большого города нарушение температурного режима может наблюдаться до глубины 100—150 м и более. При этом на горизонтах 10—30 м наблюдается тенденция к расширению по площади геотермических аномалий с повышением на 2—6 °С фоновых значений температуры горных пород и подземных вод.

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 °С. Увеличение температуры пород и подземных вод активизирует деятельность микроорганизмов, являющихся агентами биокоррозии. Наиболее распространенными источниками теплового загрязнения геологической среды городских территорий являются магистральные теплопроводы и сети горячего водоснабжения.

*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  $5—10^{-5}$  А/м<sup>2</sup>, 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. Утечки из трубопроводов в свою очередь служат новыми источниками загрязнения геологической среды городов.

**Биологическое загрязнение** связано с привнесением в почву и размножением в ней опасных для человека организмов. Основной причиной биологического загрязнения почв в городе является поступление экскрементов выгуливаемых домашних животных.

Например, в Москве в среднем на территории жилых микрорайонов, скверов и небольших парков приходится около 5-7 кг/м<sup>2</sup> экскрементов в год. Уровень эпидемиологической опасности почв города характеризуют показатели санитарного состояния почвы:

- *Санитарно-химические: санитарное число* (отношение содержания белкового азота к общему органическому), содержание азота аммонийного, азота нитратного, хлоридов, пестицидов, тяжелых металлов, нефти, нефтепродуктов, фенолов летучих, сернистых соединений, рН, радиоактивные вещества и некоторые другие показатели.

- *Санитарно-гельминтологические* – жизнеспособные яйца и личинки гельминтов, экз./г почвы (0 – чистая почва, до 10 – слабо загрязненная, 11-100 - загрязненная, более 100 – сильно загрязненная).

- *Санитарно-энтомологические* характеризуют наличие или отсутствие личинок и куколок мух, экз./кг почвы (0 – чистая почва, до 10 – слабо загрязненная, 10-25 – загрязненная, более 25 - сильно загрязненная).

- *Санитарно-бактериологические показатели.* Для определения бактериального загрязнения пользуются титрами (*титр* – содержание чего-либо в единице объема) микроорганизмов, определяемых по специальной методике. В качестве тест-объекта используют «коли-титр», т.е. количество клеток кишечной палочки, которые

свидетельствуют о развитии другой более опасной патогенной микрофлоры. В странах Европейского сообщества в качестве титра используют фекальный стафилококк.

Для городских территорий характерно изменение качественного и количественного *состава микроорганизмов* в почвенном покрове. В грунтах, цементе и кирпичках активно развиваются патогенные микроорганизмы. На поверхностях городских сооружений, благодаря выпадению кислотных осадков, активно размножаются бактерии, разрушающие камень, бетон и деревянные покрытия. Зачастую представители этих видов микроорганизмов вызывают аллергические реакции у людей. По сравнению с естественными почвами в городских почвах резко снижено содержание мицелия грибов, основных почвообразующих организмов – деструкторов органических остатков. При этом ухудшаются условия роста растений. Доля бактерий в почвенной биомассе увеличивается.

Увеличивается также доля эвритопных микроскопических грибов. Формируются более упрощенные по вертикальной структуре, чем в естественных условиях, микробокомплексы. На поверхности почвы увеличивается присутствие фитопатогенных грибов. Характерен, особенно для краевых придорожных зон «феномен аккумуляции темноокрашенных грибов» - накопление темноокрашенных микроорганизмов, которые благодаря наличию в их клеточных стенках меланиновых пигментов резистентных к ряду экстремальных экологических факторов.

### **Мероприятия по улучшению и защите почв в условиях городской среды**

Городские почвы нуждаются в постоянном проведении мероприятий, направленных на поддержание способности почв выполнять свои основные экологические функции. При градостроительстве необходимо ограничивать «запечатывание» почв и сохранить сеть соединенных между собой озелененных зон, преимущественно сохраняющих специфику природных экосистем.

**Сохранение почвенного слоя при инженерно-строительной деятельности.** Необходимым условием создания в городе благоприятной среды проживания человека с достаточным количеством зеленых насаждений является бережное отношение к плодородному слою почвы. Интенсивная инженерно-строительная деятельность в пределах городских агломераций включает большой объем земляных работ (прокладка дорог, коммуникаций, рытье котлованов под фундаменты, мелиоративные работы и т.д.), при выполнении которых страдает почвенный слой. Для его сохранения необходимо проводить обязательное снятие плодородного и потенциально плодородного слоя почвы отдельно от подстилающих слоев на всех категориях земель. Мощность снимаемого слоя почвы определяется уровнем плодородия малопродуктивных угодий, подлежащих землеванию в данном районе. Если снятый плодородный слой не используется сразу же для землевания или рекультивационных работ, проводят его селективное складирование в виде буртов, откосы и поверхность которых при длительном хранении (сроком более 2 лет) засевают травами.

Если санитарные показатели плодородного слоя соответствуют требованиям, предъявляемым к почвам сельскохозяйственных территорий, снятый плодородный слой почвы может быть использован для восстановления эродированных почв сельскохозяйственной зоны.

Поскольку почвы в городе часто загрязнены токсикантами, необходимо производить закрепление их поверхности посевом трав во избежание вторичного загрязнения атмосферы.

**Мелиорация загрязненных почв.** Для восстановления почв, сильно загрязненных тяжелыми металлами и другими токсичными веществами, нет универсальной методики. Действие каждого метода обработки зависит от особенностей почвы и специфики произрастающих на ней растений. Поэтому для каждого случая необходимы специальные исследования. Самыми распространенными методами восстановления почв, загрязненных металлами, является выщелачивание легкоподвижных элементов из почв путем их

промывки и перевод катионов тяжелых металлов и микроэлементов в трудноподвижные формы внесением извести и фосфатов с добавкой органических веществ. Однако иммобилизация микроэлементов при этом достигается не всегда, так как металлы, присутствующие в почве в форме сложных органических комплексов, даже после сильного известкования могут сохранять подвижность.

Кроме способов физико-химической обработки загрязненных металлами почв, используют перемешивание верхнего слоя с незагрязненной почвой или снятие верхнего загрязненного слоя и засыпку привозным незагрязненным грунтом.

Для восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, используют методы микробиологической очистки и обработку почв негашеной известью с поверхностно-активными веществами.

**Рекультивация земель промышленных агломераций.** Городские агломерации крупных промышленных центров нередко включают участки техногенного ландшафта, т.е. территорий, основные особенности которых, выраженные, прежде всего в рельефе, связаны с добычей и переработкой полезных ископаемых. Пространственно техногенный ландшафт часто сочетается с урболомландшафтом. Завершающим этапом производственных процессов, которые приводят к нарушению почвенного покрова, является рекультивация земель. Направления рекультивационных работ могут быть различными, например, рекреационное (создание зон отдыха, туристических баз и др), водохозяйственное, строительное и др.

Применяемая в городе система создания почвенного слоя при производстве работ по благоустройству и озеленению не дает положительного результата из-за неучета особенностей строения и функционирования почвенной толщи в условиях города. При подсыпке только торфяной смеси на поверхность грунта и замене грунта в посадочных ямах создаются первичные почвы (конструктоземы) не способные к саморазвитию. Биологический ресурс таких грунтов исчерпывается за 2-3 года. В связи с этим необходима разработка **методов реконструкции почвенного покрова в городе**, для применения как при проведении работ по созданию нового озеленения, так и на территориях с уже имеющейся системой зеленых насаждений.

### Водные объекты городов, их функции

К водным объектам, расположенным в городской черте, относятся водотоки, водоемы, моря, подземные воды. *Водотоки* подразделяются на реки, каналы, ручьи; *водоемы* – на озера, водохранилища, пруды; *моря* на открытые и внутренние.

**Водотоки.** Реки подразделяются на малые, средние и большие. Примерные классификационные признаки рек приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Классификация городских рек по размеру

Категория реки	Общая площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Расход воды*, м <sup>3</sup> /с	Скорость течения*, м/с	Колебания уровня*, м
Малая	до 2000	до 5	до 0,2	до 1
Средняя	2000 - 50000	5 - 100	0,2 - 1	1 – 2
Большая	свыше 50000	свыше 100	свыше 1	свыше 2

\* в непаводковый период.

*Городские каналы* — искусственные водотоки, прокладываемые для судоходства, переброски стока рек или для предотвращения наводнений при сгонно-нагонных явлениях. Русло канала устраивается из железобетона, реже из каменной кладки, в отдельных местах канал забирается в трубу.

*Ручьи* — небольшие водотоки, берущие начало от родников.

**Водоёмы** по размеру подразделяются на 4 категории. Примерные классификационные признаки водоёмов приведены в таблице 7.

При расчетах, связанных с прогнозированием водности и качества воды водоёмов, используется информация о колебаниях уровня воды и величине водообмена. Величину колебаний уровня воды озёр и водохранилищ определяют по разности между наибольшими и наименьшими уровнями, наблюдающимися за многолетний период. Колебания уровня поверхности водоёма до 3 м относятся к малым, от 3 до 20 м — к средним, свыше 20 м — к большим колебаниям уровня. Интенсивной считается кратность водообмена за год, равная 5, умеренной — от 5 до 0,1, замедленной — до 0,1.

Таблица 4 - **Классификация водоёмов по морфометрическим параметрам**

Категория	Площадь	Объём,	Максимальная
водоёма	поверхности, км <sup>2</sup>	км <sup>3</sup>	глубина, м
Малый	до 10	до 0,5	до 5
Средний	10 - 100	0,5-1	5-10
Большой	100 - 1000	1 - 10	10-50
Очень большой	свыше 1000	свыше 10	свыше 50

Примерные классификационные признаки *подземных вод* по водности приведены в таблице 4.

Таблица 4 - **Классификация подземных вод по водности**

Категория месторождения подземных вод	Площадь бассейна, м <sup>2</sup>	Мощность водоносного горизонта, м	Подземный сток, м <sup>3</sup> /с
большое	свыше 1000	свыше 100	свыше 100
среднее	от 1000 до 100	от 100 до 10	от 10 до 100
малое	до 100	до 10	до 10

#### Функции водных объектов городов

1. Градообразующая.
2. Транспортная.
3. Источник водоснабжения.
4. Эстетическая.
5. Рекреационная.
6. Промысловая.

#### **Источники воздействия на водные объекты в условиях городской среды**

Разберем основные антропогенные нагрузки на водные системы в городской среде и их экологические последствия:

1. Спрявление естественных русел водотоков, устройство каналов, набережных стен, заключение малых рек в коллекторы, что приводит к нарушению водного режима на территории города, подтоплению городских территорий, обмелению рек и озёр, изменению направления грунтовых вод, нарушению естественного дренажа территории, эрозии берегов, исчезновению прибрежной растительности.
2. Водопотребление и постоянное изъятие вод на коммунально-бытовые и промышленные нужды города изменяет водный баланс, гидрологический режим водоёмов. Чрезмерная откачка подземных вод приводит к оседанию земной поверхности, образованию провалов и воронок.

3. Антропогенное загрязнение, основными источниками которого на территории города являются: *промышленные* (выпуски производственных сточных вод, загрязненные территории предприятий, свалки промышленных отходов), *коммунальные* (выпуски хозяйственно-бытовых сточных вод, территории населенных пунктов, свалки бытовых отходов), *транспортные* (транспортные средства, автодороги, трубопроводы). В пригородной зоне существенный вклад в загрязнение водной среды вносят *сельскохозяйственные* источники загрязнения (пахотные поля, огороды, животноводческие предприятия). Различные виды загрязнения приводят к химическому, физическому и биологическому загрязнению. Химическое загрязнение проявляется через сверхнормативное содержание веществ в поверхностных водах. Для физического загрязнения характерно повышение температуры воды за счет поступления в водный объект подогретых вод (тепловое загрязнение) или наличие радионуклидов (радиоактивное загрязнение). Биологическое воздействие на водный объект сопровождается поступлением в него болезнетворных микробов, яиц гельминтов, мелких водорослей, дрожжевых и плесневых грибов (гидрофлорное загрязнение).

**Городские сточные воды.** По способу образования сточные воды города условно делятся на хозяйственно-бытовые, производственные и ливневые (дождевые). Вода, поступающая в городскую систему водоотведения, представляет собой смесь хозяйственно-бытовых, производственных сточных вод, и, частично дождевых и талых вод которые отличаются по гигиеническому значению, количеству, режиму спуска и физико-химическим свойствам.

**Промышленные сточные воды.** Количество, состав и содержание загрязняющих веществ в них чрезвычайно разнообразны и определяются характером технологических процессов, составом очистных сооружений и рядом других факторов. Реакция от резкощелочной до резкокислой. Загрязняющие вещества в них могут содержаться в грубодисперсном состоянии (крупность частиц более 0,1 мм), в виде эмульсии или суспензии (крупность частиц от 0,1 мкм до 0,1 мм), в коллоидном состоянии (частицы крупностью от 0,001 до 0,1 мкм) или в растворенном виде. В зависимости от состава примесей - загрязнителей, и специфичности их воздействия на водные объекты производственные сточные воды могут быть условно разделены на несколько групп:

1. сточные воды предприятий металлургии, гальванических цехов и некоторых других производств, содержащие неорганические примеси в виде солей тяжелых металлов со специфическими токсическими свойствами по отношению к водным организмам;
2. воды с неорганическими примесями, не обладающими токсичным действием. К этой группе сточных вод можно отнести стоки рудообогатительных фабрик, цементных заводов, домостроительных комбинатов. Примеси здесь находятся во взвешенном состоянии и не представляют собой опасности;
3. воды, содержащие органические вещества со специфическими токсическими свойствами. Эту группу сточных вод поставляют предприятия химической, нефтехимической промышленности, предприятия органического синтеза, нефтеперерабатывающие предприятия и др. В составе стоков присутствуют ПАВ, фенолы, ацетон, формальдегид, неорганические кислоты, жиры, нефтепродукты хлориды и т.д.
4. воды, содержащие нетоксичные органические примеси, попадание которых в водоемы ведет к снижению концентрации растворенного кислорода, возрастанию окисляемости, БПК.

Производственные сточные воды, содержащие специфические загрязняющие вещества, количество которых превышает допустимые нормы, определенные правилами приема сточных вод на общегородские очистные сооружения, проходят предварительную очистку на локальных очистных сооружениях. Информация о количестве и составе сточных вод представляется каждым предприятием в формах государственной статистической отчетности.

*Хозяйственно-бытовые* в отличие от промышленных сточных вод, имеют сравнительно стабильный состав. Для них характерны преобладание органических загрязняющих веществ над минеральными (примерное соотношение органических и минеральных веществ в неочищенных сточных водах составляет 5:1) и устойчивый температурный режим на уровне 15—20 °С круглогодично. Минеральные вещества присутствуют в сточных водах: в нерастворенном виде – 5%, в виде суспензии – 5%, коллоидах – 2%, и в растворенном виде – 30% от суммы загрязняющих веществ.

Органические вещества бытовых сточных вод можно разделить на две группы: безазотистые и азотсодержащие. Органические загрязнители присутствуют в сточных водах: в растворенном виде – 20%, в виде суспензии – 5%, в виде коллоида – 8%, в виде нерастворенных веществ – 15%. Бытовые сточные воды характеризуются низкой прозрачностью, способностью гнить, высоким БПК, высоким бактериальным загрязнением, нейтральной или слабощелочной реакцией.

*Дождевые сточные воды* так же как и промышленные, характеризуются большим разнообразием примесей.

При наличии городских очистных сооружений информация о количестве и составе городских сточных вод представляется в формах государственной статистической отчетности очистных сооружений. При отсутствии очистных сооружений для хозяйственно-бытовых сточных вод города или населенного пункта количество загрязняющих веществ в них определяется по удельным нормам на одного жителя.

***Поверхностный сток с городской территории и территории промышленных предприятий.***

В урбанизированных зонах с развитым агропромышленным сектором с поверхностным стоком в водные объекты поступает более 80% загрязняющих веществ.

Поверхностный сток включает в себя *дождевые, снеговые и поливомоечные* сточные воды. Он бывает организованным и неорганизованным. *Организованный* поверхностный сток собирается с водосборной территории посредством специальных лотков и каналов и поступает в сети канализации или прямо в водный объект через выпуски ливневых вод. *Неорганизованный* поверхностный сток стекает в водный объект по рельефу местности.

Основными *источниками загрязнения* поверхностного стока на городских территориях являются: мусор с поверхности покрытий; продукты разрушения дорожных покрытий; продукты эрозии грунтовых поверхностей; выбросы веществ в атмосферу промышленными предприятиями, автотранспортом, отопительными системами; проливы нефтепродуктов на поверхности покрытий; потери сыпучих и жидких продуктов, сырья, полуфабрикатов; площадки для сбора бытового мусора.

Наиболее высокий уровень загрязнения поверхностного стока наблюдается на территориях крупных торговых центров, автомагистралях с интенсивным движением транспорта, территориях промышленных и автотранспортных предприятий, неупорядоченных строительных площадках.

Формирование поверхностного стока происходит под воздействием комплекса природных (атмосферные осадки, испарение, фильтрация, задержание влаги растениями) и антропогенных (использование водосборной территории, применение искусственных покрытий, технология мойки искусственных покрытий) факторов. Специфические особенности поверхностного стока, связанные с эпизодичностью его поступления, резкими изменениями расхода и уровня загрязнения, изменчивостью состава загрязняющих веществ, значительно затрудняют контроль и регламентацию поступления его в городские системы водоотведения или в водные объекты.

Контроль состава поверхностного стока осуществляют путем анализа проб, которые отбирают из дождевой или промышленно-дождевой сети. Оценку выноса веществ с поверхностным стоком производят на основе ориентировочных данных о составе и количестве поверхностного стока. Обобщенные данные о содержании взвешенных

веществ в поверхностном стоке городских территорий, в зависимости от характера застройки, приведены в таблице 5.

Состав поверхностного стока с территории промышленных предприятий определяется характером основных технологических процессов, эффективностью работы систем пыле- и газоулавливания, организацией складирования и транспортирования сырья и отходов производства, санитарным состоянием территории. В зависимости от состава накапливающихся на территории промплощадок и смываемых поверхностным стоком веществ промышленные предприятия делят на две группы. К *первой группе* относят предприятия, поверхностный сток с территории которых не содержит специфических

**Таблица 5 - Среднее содержание взвешенных веществ в поверхностном стоке с территории города в зависимости от характеристики водосборного бассейна**

Характеристика водосборного бассейна	Содержание взвешенных веществ, г/м <sup>3</sup>	
	дождевой сток	снеговой сток
Современная жилая застройка	1400 - 500	2500
Недостаточно благоустроенные территории с преобладанием усадебной застройки	1800 - 500	2000
Центральные благоустроенные районы города с интенсивным дорожным движением	1700 - 2200	3000
Жилая застройка с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий	300 - 1000	отсутствие за счет уборки и вывоза снега
Районы, включающие крупные промышленные предприятия и жилые кварталы	1700 - 2500	4000
Строительные площадки, жилые районы на территории, подверженной эрозии	4000 - 6000	-

веществ с токсичными свойствами и близок по своему составу к дождевому стоку с районов жилой застройки. К этой группе относят предприятия энергетической отрасли, черной металлургии (кроме коксохимических производств), машиностроения, металлообрабатывающие и нефтеперерабатывающие заводы, приборостроительные заводы, предприятия легкой, пищевой, электротехнической отраслей промышленности. Остальные предприятия относятся ко *второй группе* и характеризуются наличием в поверхностном стоке со своей территории большого количества органических примесей, специфических токсических веществ, таких как тяжелые металлы, фенолы, фтор, мышьяк, роданиды, аммиак и другие. Наличие специфических веществ определяется технологией производства.

#### **Системы водоотведения и очистки сточных вод**

Система водоотведения (канализационная система) включает следующие основные элементы: внутренние водоотводящие системы в жилых зданиях или производственных помещениях; внутриквартальные или внутривозрастные водоотводящие сети; внешние (внеплощадочные) водоотводящие сети; регулирующие резервуары; насосные станции и напорные трубопроводы; очистные сооружения; выпуски очищенных сточных вод в водные объекты; аварийные выпуски сточных вод в водные объекты. Водоотводящие системы подразделяются на *общесплавные, раздельные* и *комбинированные*. В свою

очередь отдельные системы подразделяются на *полные отдельные, неполные отдельные* и *полуотдельные*.

**Общесплавная система водоотведения** имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сбросных вод всех категорий: хозяйственно-бытовых, производственных и дождевых. По длине главного коллектора общесплавной системы могут устраиваться ливневыпуски для непосредственного сброса в реку части стока, пропускаемого по системе водоотведения. Это делается с целью уменьшения размеров и количества коллекторов в концевой части системы и соответствующего ее удешевления.

Ливневыпуски устраиваются таким образом, чтобы исключить возможность переполнения главного коллектора во время сильного дождя. Конструкция и размещение ливневыпусков обеспечивают включение их в работу, т.е. сброс вод в реку, не ранее, чем через 30 минут после начала интенсивного ливня. За это время наиболее загрязненная часть поверхностного стока с городской территории по общесплавному коллектору поступает на городские очистные сооружения, а менее загрязненная часть при наполнении главного коллектора начнет поступать непосредственно в реку. Понятно, что выпуск неочищенных сточных вод в реку связан с ее возможным загрязнением. Поэтому размеры выходных отверстий ливневыпусков и соответственно расход сбрасываемых через них неочищенных вод определяются исходя из ассимилирующей способности водотока. Применение общесплавной системы водоотведения целесообразно при наличии в городе полноводной реки.

**Полная отдельная система водоотведения** имеет два или больше коллекторов, предназначенных для отдельного отвода сточных вод определенной категории. Хозяйственно-бытовые сточные воды отводят на общегородские очистные сооружения, где производят их очистку до кондиций, удовлетворяющих условиям сброса в водные объекты. Очистку производственных сточных вод осуществляют на специальных очистных сооружениях данного промышленного объекта или группы таких объектов. После очистки производственные сточные воды могут быть использованы для технического водоснабжения, сданы на общегородские очистные сооружения для доочистки или сброшены в водный объект. Талые и дождевые воды по коллектору ливневой канализации подаются на очистку и в дальнейшем используются для технического водоснабжения или сбрасываются в водные объекты.

**Неполная отдельная система водоотведения** предусматривает отвод хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод по единому коллектору. Отвод дождевых вод производится отдельно по коллекторам, лоткам или канавам. Как правило, неполная отдельная система используется для небольших объектов водоотведения и является первоначальным этапом создания полной отдельной системы.

**Полуотдельная система водоотведения** предусматривает отвод смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод по одному общему коллектору, а дождевых вод — по другому. Дождевые и производственно-бытовые коллекторы по трассе водоотведения пересекаются. В месте пересечения устанавливаются разделительные камеры, с помощью которых дождевой сток полностью или частично из дождевого коллектора попадает в главный. При сравнительно малых расходах дождевых вод они полностью поступают в главный коллектор. При больших расходах дождевых вод в главный коллектор поступает лишь часть дождевого стока, протекающего по нижней (донной) части дождевого коллектора. Это наиболее загрязненная часть дождевого стока, отводимого с прилегающей территории в начальный период дождя, когда происходит смыв основной массы загрязняющих веществ. Поступающая в последующий период менее загрязненная часть дождевого стока через распределительную камеру отводится в водный объект без очистки. В смеси с дождевыми водами частично сбрасываются и сточные воды.

**Комбинированная система водоотведения** представляет собой совокупность общесплавной системы с полной отдельной. Такая система формируется по мере

развития и реконструкции канализационной сети города. В старой части города может функционировать общесплавная система водоотведения, а в районах новостроек создается полная раздельная система.

**Общегородские очистные сооружения.** Вода, поступающая в городскую систему водоотведения, обычно представляет собой смесь хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. По системе водоотведения эти воды подаются на общегородские очистные сооружения. Если позволяет производительность этих сооружений, сюда же поступают частично или полностью дождевые и талые воды. Полный комплекс общегородских очистных сооружений включает блоки:

- механической очистки;
- биологической очистки;
- доочистки;
- обеззараживания,
- обработки осадка.

Механическая очистка обеспечивает удаление из сточных вод крупных включений, взвешенных и плавающих примесей. В состав блока механической очистки входят решетки, иногда с дробилками, песколовки, преаэраторы и первичные отстойники.

*Решетки* предназначены для улавливания крупных включений, которые при необходимости измельчаются в дробилках. На решетках достигается практически полное извлечение из очищаемых сточных вод крупных включений. Извлеченные крупные включения вывозятся на полигон бытовых отходов.

В *песколовках*, представляющих собой емкости определенных размеров, благодаря резкому уменьшению скорости течения очищаемой жидкости происходит осаждение взвешенных веществ. В песколовках удаляется из сточной воды примерно 40—60% мелких механических примесей. Из песколовок осадок подается на песковые площадки. После высыхания он может быть использован для планировочных работ.

В *преаэраторах* происходит первичное насыщение сточных вод кислородом путем подачи сжатого воздуха, что существенно улучшает процесс биологической очистки. В сточных водах, поступающих из систем водоотведения, растворенный кислород практически отсутствует. Смешение очищаемых вод с пузырьками воздуха способствует отделению нефтепродуктов и других плавающих примесей, которое происходит в *первичных отстойниках*, называемых также нефтеловушками. Степень удаления плавающих примесей составляет 60—80%. Всплывшие нефтепродукты специальными скребками собираются в бочки и направляются на регенерацию или на сжигание.

Из первичных отстойников очищаемые сточные воды поступают в блок *биологической очистки*, где происходит деструкция органических соединений, поддающихся биохимическому окислению. Из сооружений биологической очистки наибольшее распространение получили *аэротенки*. Они представляют собой железобетонные, реже кирпичные или металлические удлиненные емкости, где происходит контакт очищаемых сточных вод с *активным илом* при одновременном насыщении их кислородом воздуха. Активный ил представляет собой специально культивируемое сообщество микроорганизмов, пищей для которых служат органические вещества, содержащиеся в сточных водах. Нормальное содержание активного ила в очищаемых сточных водах составляет 2 г/л (по сухому веществу). Для интенсификации процесса деструкции органических соединений в аэротенки постоянно нагнетается сжатый воздух. Аэротенки в блоке биологической очистки располагаются таким образом, чтобы очищаемая сточная вода, проходя через них последовательно один за другим, находилась в контакте с активным илом в течение 18—20 часов. Температура воды в аэротенках должна быть не ниже +5° С и не выше 40° С. Степень деструкции в аэротенках органических веществ, поддающихся биохимическому окислению, составляет около 90%.

Очищенные в аэротенках сточные воды поступают во *вторичные отстойники*, где происходит оседание активного ила, который попал сюда из аэротенков вместе с водой. Микроорганизмы активного ила при оседании адсорбируют своей чешуйчатой поверхностью мельчайшие взвеси, оставшиеся в очищаемых сточных водах после прохождения песколовок и первичных отстойников, а также ионы тяжелых металлов. Степень извлечения металлов за счет адсорбции микроорганизмами колеблется от 10 до 60%.

После вторичных отстойников городские сточные воды считаются прошедшими биологическую очистку и могут быть сброшены в поверхностные водные объекты. Перед сбросом в обязательном порядке производится их *обеззараживание* путем обработки хлорной водой. Приготовление хлорной воды производится в *хлораторной* растворением активного хлора в воде. После хлорирования сбросная вода должна пройти дегазацию, так как попадание активного хлора в водный объект может привести к гибели рыбы. Дегазация сбросных вод происходит в каналах и быстротоках по пути следования от места хлорирования до места выпуска в водный объект. В некоторых странах вместо хлорирования применяют озонирование. И тот, и другой способы обеззараживания воды имеют свои преимущества и недостатки.

Если качество очистки сточных вод не удовлетворяет условиям их сброса в водные объекты или сточные воды после очистки предполагается использовать для технического водоснабжения или пополнения городских рек, то в этих случаях организуется их доочистка. При пополнении стока городских рек очищенными сточными водами доочистка должна обеспечить придание им свойств и состава, присущих природным речным водам. Для доочистки сточных вод используют фильтры с зернистой загрузкой, установки пенной и напорной флотации, коагуляцию и флокуляцию, сорбцию, озонирование, установки для извлечения из воды соединений фосфора и азота. Для придания очищенным сточным водам качеств природной воды их доочистка проводится в каскаде биологических прудов или на биоинженерных сооружениях типа биоплато. В процессе биологической очистки сточных вод образуется большое количество осадка, представляющего собой отмерший или избыточный активный ил, который удаляется из аэротенков и вторичных отстойников. Ил имеет влажность 97—98% и очень плохо отдает воду. С целью обезвоживания его сначала обрабатывают в метантенках или аэробных стабилизаторах, затем подвергают механическому обезвоживанию в гидроциклонах, центрифугах, вакуум-фильтрах или фильтр-прессах, после чего направляют на иловые площадки для окончательного высушивания.

В *метантенках*, представляющих собой герметичные цилиндрические резервуары, в течение нескольких часов при температуре 33—53° С происходит сбраживание ила. При обработке в метантенке ил теряет свою водоудерживающую способность, его влажность снижается до 92—94%. В процессе сбраживания выделяется газ, главным образом метан, с теплотворной способностью до 5000 ккал/м<sup>3</sup>.

В *аэробных стабилизаторах*, представляющих собой обычные аэротенки, активный ил подвергается усиленной аэрации в течение нескольких суток. Расход воздуха при этом составляет до 2 м<sup>3</sup>/час на 1 м<sup>3</sup> вместимости стабилизатора. Влажность ила снижается на 2—3%, он в значительной мере теряет свою водоудерживающую способность. При механическом обезвоживании влажность осадка может быть снижена до 65—70%, а объем его, по сравнению с сырым осадком (влажностью 98%), уменьшен в 15—20 раз. Окончательное высушивание осадка происходит на *иловых площадках*. Площадки представляют собой выровненные участки (карты) площадью 0,25—2 га, обвалованные невысокими (0,7—1 м) дамбами. Здесь в природных условиях в течение нескольких месяцев (до года) происходит высушивание и компостирование (перегнивание) илового осадка. Компостируемый иловый осадок является хорошим органическим удобрением. Ограничения в его применении могут быть связаны со сверхнормативным содержанием соединений тяжелых металлов.

**Очистные сооружения небольших населенных пунктов.** Очистка сравнительно небольших расходов сточных вод может быть обеспечена на более простых по конструкции сооружениях, принцип действия которых также основывается на процессах биохимического разложения органических веществ сообществом микроорганизмов.

Наиболее простыми очистными сооружениями, используемыми человеком уже более пяти столетий, являются *поля фильтрации*. Они представляют собой спланированные площадки (карты) с уклоном до 0,02, обвалованные дамбами, площадью от нескольких квадратных метров до 1,5—2 га. Поля фильтрации устраиваются обычно на проницаемых грунтах — песках, супесях, легких суглинках. Наряду с биологической очисткой сточных вод, в которой принимают участие сообщества микроорганизмов как водных, формирующихся на поверхности карт, так и почвенных, развивающихся в толще проницаемых грунтов, в процессе фильтрации воды через породы основания происходит ее дополнительная механическая и отчасти физико-химическая очистка. Преимуществами полей фильтрации является простота устройства и эксплуатации. К их недостаткам следует отнести необходимость занятия больших площадей, возможность загрязнений подземных вод и атмосферного воздуха газообразными продуктами разложения хозяйственно-бытовых сточных вод, которое ощущается на расстоянии до 200 м от полей фильтрации.

Разновидностью полей фильтрации являются *поля подземной фильтрации*, в которых на глубине 0,5—1,8 м укладываются дренажные трубы. По ним очищенная вода отводится с полей фильтрации и используется для орошения сельскохозяйственных угодий.

Прогрессивным развитием методов естественной биологической очистки являются биоинженерные сооружения типа *биоплато*. Для очистки и доочистки сточных вод населенных пунктов могут быть использованы конструкции типа инфильтрационных и поверхностных биоплато. *Инфильтрационное биоплато* — инженерное сооружение, размещенное, как правило, в котловане глубиной до 2 м, на дне которого устраивается противофильтрационный экран из полиэтиленовой пленки. Поверх экрана укладывается горизонтальный дренаж и слой щебня, песка, керамзита или другого фильтрующего материала. Поверхность сооружения засаживается камышом, тростником, рогозом и другими местными видами высшей водной растительности из расчета не менее 10—12 стеблей на 1 м<sup>2</sup>. По технологии биоплато в очистке воды принимают участие сообщества водных (на поверхности блока) и почвенных (в фильтрующем слое) микроорганизмов, высшая водная растительность и сам фильтрующий слой. *Поверхностное биоплато* также размещается в котловане и имеет противофильтрационный экран. Роль дренажа выполняет каменная наброска, вместо фильтрующего слоя укладывается грунт котлована, поверхность которого засаживается высшей водной растительностью. Высшая водная растительность, кроме очистительной функции, обеспечивает повышенную транспирацию (испарение) очищаемой жидкости в летний период примерно на 10—15%. Транспирационные свойства высшей водной растительности могут быть использованы также для ускорения подсушивания иловых площадок, повышения пропускной способности и эффективности очистки полей фильтрации.

Сооружения биоплато, удачно расположенные по рельефу местности, не требуют применения электроэнергии, химикатов и обеспечивают надежную работу как в летний, так и в зимний период. Для очистки производственных сточных вод по технологии биоплато требуется производить их предочистку в соответствии с особенностями их состава и свойств.

## Экология флоры в условиях городской среды

### Структура зеленых насаждений в городе и их свойства

Зеленые насаждения города входят в состав *комплексной зеленой зоны* – единой системы взаимосвязанных элементов ландшафта города и прилегающего района. Функции данной зоны: обеспечение комплексного решения вопросов озеленения и обновления территории; природоохранная функция; рекреационная; улучшение условий труда и проживания.

Комплексная зеленая зона состоит из ядра (территория городской застройки) и внешней зоны. В ядре выделяют: микрорайоны, кварталы; зеленые насаждения различного назначения; озеленение улиц, дорог, площадей; озеленение промышленных территорий. Внешняя зона включает: внегородскую застройку, промышленные территории; курорты и места отдыха (пляжи, дачные поселки, учреждения отдыха); зеленые массивы (лесопарки), сады, питомники; неозеленяемые (сельскохозяйственные) территории; водоемы.

*В структуру зеленых насаждений городской среды входят:*

- *насаждения общего пользования*, к которым относят: скверы, парки, бульвары, сады, газоны, набережные, вертикальное озеленение.
- *насаждения ограниченного пользования* - внутриквартальные насаждения (во дворах жилых зданий), приусадебные участки, зеленые массивы лечебных, детских, школьных учреждений и промышленных предприятий.
- *насаждения специального назначения* - ветрозащитные, противопожарные, санитарные, мелиоративные, водоохранные зоны.

Многие города окружены «зеленой зоной» - пригородными лесами. Т.о. зеленые насаждения могут иметь как самостоятельное значение (лесопарки), так и входить в структуру застройки города в качестве ее органического компонента (скверы, уличные насаждения).

По В.В. Владимирову (1986, 1996), при формировании природного каркаса города важно учитывать следующие наиболее важные принципы:

- преемственность построения каркаса в экзогенном плане (главные оси природного каркаса города должны быть логическим продолжением тех или иных элементов природного каркаса 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 (зеленые зоны) – 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.

Структуру природного каркаса города условно можно подразделить на макро-, мезо- и микроструктуру (Владимиров, 1996).

**Макроструктура** охватывает расположение зеленых массивов в черте города по отношению к массивам жилых кварталов, к промышленным районам города и транспортным узлам, к искусственным и естественным водоемам. Макроструктура создается при составлении генерального плана города.

*кольцевая макроструктура* – сформирована обычно в силу исторических причин в центрах старых городов: озеленение по периметру «бульварное кольцо» и за счет прежних загородных садов, кладбищ.

*мозаичная макроструктура* создается при слиянии близких сельских поселений с городом, росте промышленных пригородов.

**Мезоструктура** – расположение скверов, садов по отношению к улицам и постройкам в пределах отдельных микрорайонов города.

В старых частях города «зеленая мезоструктура» делится на два типа межквартальный – озеленены улицы, перекрестки; внутриквартальный – основная масса растений растет в огородах, садах, за домами внутри кварталов.

Экологически эти типы различаются очень резко даже при одинаковой плотности застройки: в первом случае флора находится под постоянным «антропогенным прессом», во втором случае иногда создаются условия для спокойного развития, возобновления и обогащения флоры и фауны.

В новых районах озеленение по составу и мезоструктуре довольно бедное и практически не выполняет свои средоохраняющие и экосистемные функции.

**Микроструктура** – расположение отдельных элементов озеленения: газонов, цветников, кустарников, деревьев. Ценность отдельных элементов микроструктуры не совпадает с точки зрения экономики, экологии и эстетики. Дорогие и эстетически ценные элементы озеленения – цветники и газоны – имеют не большую экологическую ценность. Высокоэффективными являются густые живые изгороди, пруды с богатой растительностью, сомкнутые группы деревьев.

### Своеобразие флоры урбоэкосистем

Процесс городского флорогенеза происходит преимущественно стихийно. В составе городской флоры (урбанофлоры) можно выделить несколько групп:

Первая группа – виды растений, существующие только в окультуренном состоянии и используемые человеком для удовлетворения его жизненных потребностей.

Вторая группа – экзотические растения, в естественных условиях обитающие в иных природно-климатических зонах, в условиях же городской среды обитающие только в жилищах человека или в специальных сооружениях (оранжереи, теплицы).

Третья группа – неокультуренные растения, которые человек преднамеренно расселяет или выращивает в городах, но уже в природно-антропогенных или антропогенных местообитаниях. В данной группе можно выделить две подгруппы: интродуцированные виды и аборигенные (автохтонные) виды, обитающие в новых или измененных условиях среды.

Четвертая группа – это непреднамеренные интродуценты, «виды пришельцы», появление которых в данном регионе или городе не предусматривалось человеком, но которые распространились благодаря хозяйственной деятельности человека, в результате антропогенных преобразований ландшафтов, сопутствующих урбанизации.

Пятая группа – синантропные, т.е. виды, живущие в селитебном ландшафте, в непосредственном соседстве с человеком: в жилищах и других сооружениях, вблизи жилья и временных построек и распространяющиеся по мере распространения ландшафта данного класса. К синантропной растительности относятся следующие растительные сообщества:

- *Пасквильная растительность* (от лат. «pascularis» — пастбище) — растительность пастбищ и интенсивно вытаптываемых участков.

- *Сегетальная растительность* (от лат. «segetalis» — растущий среди хлебов) — совокупность популяций видов сегетальных сорняков. В условиях города эти растения являются обычными обитателями цветочных клумб, палисадников и других участков, занятых зелеными насаждениями.

•*Рудеральная растительность* (от лат. «rudus» — щебень, растительный мусор) — сообщества регулярно или периодически нарушаемых местообитаний, как правило, антропогенного происхождения (свалки, городские пустыри, заброшенные строительные площадки и т. д.). Традиционно к рудеральной растительности относят сообщества первых стадий сукцессии с доминированием представителей сем. Маревые, Сложноцветные, Крестоцветные, некоторых злаков. Для рудеральной растительности характерно преобладание видов с широкими экологическими амплитудами (эвритопы) и большими ареалами, охватывающими несколько континентов (виды-космополиты, или убиквисты). В современном городском ландшафте рудеральная растительность играет немаловажную роль, открывая процессы самовосстановления растительности, предотвращая развитие эрозии. В составе рудеральной растительности немало ценных лекарственных растений и медоносов, а также видов, обеспечивающих высокую численность насекомых-энтомофагов.

Шестая группа – дикорастущие растения, живущие в городах в различных местообитаниях – от слабонарушенных и трансформированных природных до антропогенных.

Важной чертой флоры городской территории является увеличение флористического богатства, по сравнению с естественными экосистемами. Такой рост имеет несколько причин:

1) Положение старинных городов по отношению к физико-географическим районам, как правило, оказывается пограничным (т. е. на стыке 2, 3, а иногда и большего числа растительных, почвенных, климатических и других зон). Это объективно определялось необходимостью удобного расположения городов для осуществления двух важнейших функций — оборонной и торгово-ремесленной. Эта пограничная область, называемая экотоном, представляет собой мозаику условий, соответствующих контактирующим зонам, поэтому биоразнообразие здесь будет значительно выше, чем в каждой отдельной зоне.

2) Важное значение в формировании флоры урбанизированных территорий имеет деятельность человека, которая приводит не только к разрушению естественных экосистем, но и к созданию новых типов местообитаний, ранее в данной местности не встречавшихся.

3) Процессы вымирания некоторых таксонов, связанные с антропогенным нарушением их мест обитаний, компенсируются иммиграцией. Среди адвентивных растений наших городов преобладают виды американского происхождения (около трети видов), значительная часть видов происходит из Средиземноморья, Южной Европы, Малой Азии, Ирана, Индии. Доля растений-иммигрантов в составе урбанофлоры постоянно растет и может достигать нескольких десятков процентов, а темпы и масштабы адвентизации нередко значительно превышают скорость исчезновения местных видов.

4) Важным фактором повышения богатства городских и в целом антропогенезированных флор являются микро- и макроэволюционные изменения. В техногенных ландшафтах, характеризующихся загрязнением воздуха, аномальным составом почв и другими признаками, идет сильное прямое воздействие на генетический аппарат растений, что приводит к появлению многочисленных терат (морфологических уклонений). Современная эволюционная теория рассматривает тераты как перспективные макромутации, основанные на аномальном росте, агрегациях и срастаниях органов.

5) Мощным фактором «городского» флорогенеза в настоящее время является интродукция.

В целом в формировании флоры в условиях городской среды можно выделить следующие основные закономерности:

1. Мозаичный характер зеленых насаждений и наличие различных по своим условиям биотопов, например: плотная и разреженная застройка, садово-парковые зоны,

свалки и пустыри, пригороды с индивидуальными постройками и садами. Такое разнообразие биотопов поражает и большое разнообразие экологических ниш, влияя на видовой состав растительности.

2. В отличие от естественной, городская флора более динамична и непостоянна. Она довольно быстро реагирует на изменения в деятельности местных промышленных предприятий. Например, с ввозом шерстяного сырья ввозятся «шерстяные виды»: степные и пустынные растения.

3. Городская флора по мере своего преобразования приобретает все более выраженные термоксерические черты в ущерб своим зональным особенностям. Флора городов насыщена видами более южных регионов, что соответствует перемещению по широте на 5—10 градусов в южном направлении (на 50—100 км).

4. Возрастает число видов цветковых растений, падает - споровых и голосеменных. Увеличивается число видов в термоксерофильных семействах (Бобовые, Маревые, Гречишные) и уменьшается в термофобных (Осоковые, Гвоздичные, Норичниковые, Лютиковые, Розовые, Ивовые).

5. Увеличивается значение в составе флоры 10 наиболее богатых видами семейств: большая часть видов городской флоры относится к меньшему числу семейств, чем зональная. Эта особенность является показателем ухудшения качества среды.

6. Возрастание роли адвентивных растений происходит в основном за счет выходцев с американского континента, Восточной Азии, Средиземноморья, континентальных районов Евразии, значительно меньше доля растений космополитных и европейских ареалов.

7. Происходит уменьшение позиций гемикриптофитов, хамефитов и гигрофитов, а усиление - терофитов и фанерофитов. Энтомофильные виды уменьшают свою роль за счет усиления позиций авто- и анемофильных видов.

Суммарным результатом всех флорогенетических процессов, происходящих в составе городской флоры, является возникновение на месте аборигенных флористических комплексов совершенно новых образований, включающих остатки трансформированных аборигенных флор, мигрантов из других флористических областей, виды антропогенного происхождения. В своем крайнем выражении эти образования получили название **антропогенных растительных комплексов**.

### **Состояние городских насаждений и факторы, обуславливающие неблагоприятную экологическую обстановку для развития урбанофлоры**

В условиях города растительность подвергается значительной техногенной нагрузке. Можно выделить следующие *основные факторы, оказывающие влияние на состояние городских насаждений*:

1. Загрязнение окружающей среды.
2. Изменение микроклиматических процессов.
3. Нарушение технологии посадки.
4. Неудовлетворительное состояние почвы.
5. Повреждение вредителями и болезнями.
6. Случайные факторы (вандализм, механические повреждения).

Ослабленные городские растения сильно отличаются от лесных по своему физиологическому состоянию и морфологии: по характеру кроны, строению корневой системы, листьев и даже по морфологии клеток и пластидного аппарата. У городских деревьев снижена фотосинтетическая активность (примерно в 2 раза), поэтому они имеют более редкую крону, мелкие листья, короче побеги, наблюдается изменение цвета ткани растения на желтый, охристый, растение поражает хлороз, некроз.

Газообмен у городских растений имеет повышенную интенсивность, особенно ночное дыхание у деревьев вблизи каменных стен, нагретых за день. Энергетическая

эффективность такого дыхания не велика, однако при этом идет расход веществ на дыхание.

Растения города обитают в условиях недостатка почвенной влаги, повышенной сухости воздуха, нагревание запыленных листьев, все это нарушает водный режим. Наблюдается значительное падение влаги в тканях листьев: у липы в лесу листья содержат 70-80% воды, на улицах города в жаркое время 50-52%. Нарушение водного режима обусловлено и тем, что из-за сильного загрязнения воздуха нарушается целостность устьичных клеток: устьица постоянно широко открыты, что увеличивает расход воды на транспирацию.

Минеральное питание растений в городе затруднено тем, что в почвах городов ощущается недостаток фосфора, калия, кальция, микроэлементов. Токсические вещества, поступающие в растения снижают содержание нуклеиновых кислот, белков, клетчатки, слабеет способность к образованию фитонцидов.

Общая продолжительность жизни городских растений существенно меньше, чем естественных. Городские деревья значительно ослаблены, поэтому они представляют собой места для развития вредителей и болезней.

### **Роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды**

Помимо традиционных функций, выполняемых растительным блоком в любой экосистеме (производство первичной продукции в результате фотосинтеза, потребляемой затем консументами и редуцентами, средообразующая функция), - в урбоэкосистеме существенное значение приобретают такие функции растительности, как:

- рекреационная,
- структурно-планировочная,
- декоративно-художественная,
- санитарно-гигиеническая: очищение городского воздуха от пыли и газа, ветрозащитная роль, фитонцидное действие, теплорегулирующий фактор, влияние на влажность воздуха, шумозащитная роль.

Разберем подробнее основные функции урбофлоры, обеспечивающие оптимизацию городской среды.

*Зеленые насаждения в городе улучшают микроклимат городской территории:* охлаждение городского «острова тепла» за счет увеличения альбедо поверхности и транспирации; стабилизация ветрового режима, увеличение относительной влажности воздуха и «сглаживание» ее суточных и сезонных колебаний; задержание части осадков и уменьшение поверхностного стока; задержание снегового потока и талых вод. С 1 м<sup>2</sup> газона испаряется до 200 г/ч воды, что значительно увлажняет воздух. В жаркие летние дни на дорожке у газона температура воздуха на высоте роста человека почти на 2,5 градусов Цельсия ниже, чем на асфальтированной мостовой.

*Велика роль зеленых насаждений в очистке воздуха городов, поглощении пыли и токсических веществ.* Дерево средней величины за 24 часа восстанавливает столько кислорода, сколько необходимо для дыхания троих человек. За один теплый солнечный день 1 гектар леса поглощает из воздуха 220-280 кг углекислого газа и выделяет 180-200 кг кислорода. Газон задерживает заносимую ветром пыль и обладает фитонцидным действием. В жаркий летний день над нагретым асфальтом и раскаленными железными крышами домов образуются восходящие потоки теплого воздуха, поднимающие мельчайшие частицы пыли, которые долго держатся в воздухе. А над старым парком, разбитым в центре города, возникают нисходящие потоки воздуха, потому что поверхность листьев значительно прохладнее асфальта и железа. Пыль, увлекаемая нисходящими потоками воздуха, оседает на листьях. Один гектар деревьев хвойных пород задерживает за год до 40 тонн пыли, а лиственных - около 100 тонн. Крупные лесопарковые клинья могут быть активными проводниками чистого воздуха в центральные районы города. Качество воздушных масс значительно улучшается, если они

проходят над лесопарками и парками, площадь которых составляет 600-1000 га. При этом количество взвешенных примесей снижается на 10 - 40 % , что приводит к повышению интенсивности ультрафиолетовой радиации на 15 - 25 %. В зависимости от величины города, его народнохозяйственного профиля, плотности застройки, природно-климатических особенностей, породный состав насаждений будет различным.

Газозащитная роль зеленых насаждений во многом зависит от степени газоустойчивости пород, характера и структуры посадок. В таблице 6 отражен уровень снижения степени загрязнения воздушного бассейна в зависимости от характера зеленых насаждений.

**Таблица 6 -Эффективность снижения загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от структуры озеленения**

Структура защитной полосы	Ширина защитной полосы, м	Снижение уровня загрязнения, %	
		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 10-18м	10	25-30	20-25
Четырехрядная полоса деревьев высотой 12-15м с кустарником	25	35-45	25-30

*Ионизация воздуха.* Существенной качественной особенностью кислорода, вырабатываемого зелеными насаждениями, является насыщенность его отрицательно заряженными ионами (благоприятно влияющими на здоровье человека). Число легких ионов в 1 см<sup>3</sup> воздуха над лесами составляет 2000-3000, в городском парке - 800, в промышленном районе - 200-400 в закрытом многолюдном помещении - 25-100.

На ионизацию воздуха влияет как степень озеленения, так и природный состав растений. Лучшими ионизаторами воздуха являются смешанные хвойно-лиственные насаждения. Сосновые насаждения только в зрелом возрасте оказывают благоприятное воздействие на его ионизацию, так как вследствие выделяемых молодняком паров скипидара концентрация легких ионов в атмосфере снижается.

*Фитонцидные свойства.* К санитарно-гигиеническим свойствам растений относится их способность выделять особые летучие органические соединения, называемые фитонцидами, которые убивают болезнетворные бактерии или задерживают их развитие. Эти свойства приобретают особую ценность в условиях города, где воздух содержит в 10 раз больше болезнетворных бактерий, чем воздух полей и лесов.

В чистых сосновых лесах и лесах с преобладанием сосны (до 60%) бактериальная загрязненность воздуха в 2 раза меньше, чем в березовых. Из древесно-кустарниковых пород, обладающих антибактериальными свойствами, положительно влияющими на состояние воздушной среды городов, следует назвать акацию белую, барбарис, березу бородавчатую, грушу, граб, дуб, ель, жасмин, жимолость, иву, калину, каштан, клен, лиственницу, липу, можжевельник, пихту, платан, сирень, сосну, тополь, черемуху, яблоню. Фитонцидной активностью обладают и травянистые растения - газонные травы, цветы и лианы.

*Защита от шума.* Недостаточное озеленение городских микрорайонов и кварталов, нерациональная застройка, интенсивное развитие автотранспорта и другие факторы создают повышенный шумовой фон города. Борьба с шумом в городах - острая гигиеническая проблема, обусловленная усиливающимися темпами урбанизации. Различные породы растений характеризуется разной способностью защиты от шума: хвойные породы (ель и сосна) по сравнению с лиственными (древесные и кустарниковые) лучше регулируют шумовой режим. По мере удаления от магистрали на 50 метров лиственные древесные насаждения (акация, тополь, дуб) снижают уровень звука на 4,2 дБА, лиственные кустарниковые - на 6 дБ, ель - на 7 дБА, сосна - на 9 дБА; при удалении от магистрали на 250 метров - соответственно - 10; 14; 15,5 и 17,5 дБ. Лиственные породы способны поглощать до 25 % звуковой энергии, а 74 % её отражать и рассеивать. Наилучшими в этом отношении являются (из хвойных пород): ель, пихта, туя; из лиственных - липа, граб и другие.

### **Фитомелиорация городской среды. Принципы создания насаждений в городах и пригородных зонах**

*Фитомелиорация* – направление прикладной экологии, состоящее в исследовании, прогнозировании и использовании растительных систем для улучшения геофизических, геохимических, ботанических, пространственных и эстетических характеристик окружающей человека среды, проектировании и создании искусственных растительных группировок (включая целенаправленное использование природных растительных сообществ) с высокими преобразующими физическую среду свойствами. Любое растительное сообщество естественного или искусственного происхождения, используемое в целях фитомелиорации окружающей человека среды, является *фитомелиоративной системой*.

*Классификация фитомелиоративных систем:*

I. В зависимости от жизненных форм, преобладающих в составе фитомелиоративной системы, различают:

- древесно-кустарниковые насаждения;
- травянистые наземные сообщества;
- водно-болотные сообщества.

II. По происхождению и степени участия человека в контроле функционирования растительных систем различают:

- культурфитоценозы - растительные сообщества, созданные человеком для получения первичной продукции (поля, сады, газоны);
- искусственные растительные группировки, не обладающие фитоценотической структурой (искусственные уличные или внутриквартальные насаждения, с искусственными покрытиями между отдельными деревьями);
- спонтанные фитоценозы — нарушенные естественные сообщества и сообщества синантропных растений;
- природные фитоценозы.

III. По признаку целевого использования фитомелиоративные системы делят на следующие категории:

- специальные, не используемые с целью получения первичной продукции или эксплуатируемые в определенном режиме (парки, скверы, защитные полосы, насаждения охраняемых территорий в пределах зеленых зон городов);
- производственные, фитомелиоративные функции которых используются без ущерба для производства первичной продукции (поля, плодовые сады, виноградники, фитоаквакультура и т.д.);
- рудеральные, фитомелиоративные функции, которыми выполняются спонтанно.

*Эффективность* фитомелиоративной системы определяется как:

- отношение количества поглощенного загрязняющего вещества, к общему количеству поступающего извне за определенное время (в случае фильтрующей функции по механизму сопротивления внешним воздействиям);

- отношение количества выделенного растениями за определенное время в определенном объеме вещества с мелиоративными свойствами к количеству вещества в некоторый исходный момент времени в том же объеме до начала работы фитомелиоративной системы (в случае работы системы по принципу усиления);

- отношение количества выделенного растениями вещества в определенном объеме за определенное время к количеству этого вещества в том же объеме, потребленного человеком за тот же период времени (в случае компенсирующего действия).

При определении фитомелиоративной эффективности рекультивирующих систем используются косвенные показатели, такие как, например, содержание гумуса в почве до рекультивации и по прошествии определенного периода после введения в действие фитомелиоративной системы, т.е. скорость гумусообразования в новых условиях. Наибольшей эффективностью отличаются многовидовые, многоярусные фитомелиоративные системы древесно-кустарниковых насаждений. Травянистые рудеральные сообщества в целом уступают по эффективности природным травянистым и древесно-кустарниковым, но, тем не менее, выполняют ряд важных функций в урбоэкосистеме: закрепляют нарушенные субстраты, препятствуя запылению атмосферы, поглощают значительное количество токсичных веществ, поступающих в окружающую среду с выбросами предприятий и выхлопными газами от автотранспорта, например. Различные фитомелиоративные системы функционально дополняют друг друга, поэтому в каждом крупном городе целесообразно использовать все возможные в данных условиях фитомелиоранты в комбинациях, позволяющих максимизировать желаемый эффект.

***Свойства растений, используемых в составе городских и пригородных насаждений.*** Среди различных свойств видов растений, используемых в фитомелиоративных системах, выделяют следующие характеристики, которые имеют наибольшее значение для достижения высокой эффективности фитомелиоративных мероприятий:

- способность произрастать в широком диапазоне условий почвенного богатства, определяемых механическим составом и запасом питательных веществ; широкий диапазон толерантности к условиям почвенного увлажнения;

- в ряде случаев, когда фитомелиоративные системы создаются в специфических эдафических условиях, для достижения желаемого эффекта необходимо использовать растения, специализированные в произрастании на очень богатых или, наоборот, очень бедных местообитаниях, или в условиях одновременного затопления и засоления; растения засоленных местообитаний проявляют и свойства высокой устойчивости к газо-аэрозольным выбросам;

- высокая устойчивость (соответственно, низкая чувствительность) к промышленным газо-аэрозольным загрязнениям; как правило, листопадные деревья умеренных широт и травянистые растения засушливых местообитаний демонстрируют более высокую устойчивость к этому фактору, чем, соответственно, хвойные растения и растения более влажных местообитаний;

- способность поглощать загрязняющие вещества из атмосферы или водной среды;

- хорошо выраженные фитонцидные свойства; хорошо выраженная способность к ионизации атмосферного воздуха;

- ветвистые кроны с густой листвой или плотной хвоей, что является необходимым условием для использования растений в целях шумопоглощения;

- высокие эстетические качества: растения с красивыми, декоративными кронами, побегами, цветками, плодами используются в архитектурно-планировочной фитомелиорации.

**Главные принципы создания насаждений** в различных функциональных зонах городов. *Принцип комплексности*: растительные системы проектируются, создаются и используются для достижения не одной, а комплекса фитомелиоративных целей. *Принцип соответствия* насаждения типу местообитания, который предполагает в свою очередь использование следующего комплекса принципов: *экологические и лесотипологические*. Подбирается ассортимент видов, способных произрастать в условиях данного лесохозяйственного района и данного местообитания. Интродуцированным видам отдается предпочтение в случае, если их экологические характеристики близки к таковым местных видов, но устойчивость к промышленному загрязнению значительно выше. Из полученного списка исключаются виды с ярко выраженными аллелопатическими свойствами, которые подавляют другие виды при совместном произрастании в смешанных насаждениях.

*Филогенетические и биосистематические*. В основе использования этих принципов лежат представления о соответствии географических ареалов видов растений их экологическим и филогенетическим особенностям: филогенетически близкие таксоны занимают идентичные экологические ниши. На основе данного принципа создаются так называемые монокультурные парки и сады из деревьев разных видов одного рода, обладающие высокими санитарно-защитными, рекреационными и эстетическими свойствами. Эти же принципы положены в основу селекционной работы по выведению новых форм (в рамках современных таксонов), обладающих такими свойствами, которые делают их пригодными для культивирования в специфических условиях города.

*Эстетические принципы*. Используются преимущественно в архитектурно-планировочной, эстетической и рекреационной фитомелиорации при создании пейзажных элементов насаждений.

Лишь на основе комплексного применения методических принципов и подходов лесоведения, биогеоценологии, физиологии, генетики и селекции растений, ландшафтной архитектуры возможно решение задач экологической оптимизации современного урбанизированного ландшафта.

### **Экология фауны в условиях городской среды Структура города как фактор формирования фауны**

Условно город делят на две подсистемы: природную и антропогенную. К природной подсистеме относится биологическая система, в которую входят биотические компоненты – биота. Процесс устойчивого освоения антропогенных ландшафтов обнаруживает определенные, эволюционного масштаба, сдвиги:

- *в экологии животных*. Фактически, животные реагируют на города как на конгломерат условий, имитирующие естественные: нагромождение скал, обрывы, леса, водоемы и т.п. На этой основе формируются специфические урбанизированные комплексы видов, использующих эти условия. Экологию животных в городах в значительной мере характеризует следующая классификация: 1) сельскохозяйственные (продуктовые); 2) комнатные; 3) служебные (сторожевые собаки, животные в зоопарках); 4) безнадзорные (собаки, кошки); 5) синантропные; 6) дикие.

- *в поведении ряда видов животных в осваиваемой среде*. В процессе освоения городского ландшафта животные не только используют благоприятные условия, но и вырабатывают определенные адаптации к ним.

В фауну городов существенные различия вносит их размер, различное географическое положение и исторические особенности. Ключевыми факторами, определяющими особый статус города как среды обитания животных, являются элементы экологической обстановки, присущие урбанизированному ландшафту. В качестве основных параметров выделения мест обитания используются ландшафтно-экологические различия участков территории:

- состояние растительности;

- общая застроенность;
- наличие открытых пространств;
- гидрологические условия;
- фактор беспокойства;
- интенсивность движения транспорта;
- плотность населения людей.

На основании этого для города характерно множество типов местообитаний, объединенных в 5 комплексов:

1. Комплекс техногенных местообитаний;
2. Комплекс застройки. Особенности городской архитектуры открывают широкие возможности для поселения многих видов птиц и других животных. Часть из них прямо связаны с каменными строениями, имеющими множество ниш, щелей, карнизов (голуби, стрижи).
3. Комплекс открытых пространств, в том числе и городские свалки, где концентрируются грачи, вороны, галки, голуби.
4. Комплекс зеленых насаждений (белки, дрозды, зяблики);
5. Комплекс водно-болотных мест обитания.

Важнейшие местообитания, исчезающие из урбанизированных областей, следующие: сырые или влажные участки (с застойным увлажнением); бедные питательными веществами почвы и воды; участки с густой растительностью; древесина различной степени разрушения; скальные породы и продукты их выветривания: ложбины, низины, склоны.

Следует отметить, что различие условий и места обитания в городе значительно разнообразнее, чем представленная выше классификация. Приведем примеры основных местообитаний, складывающихся в них условий и особенностей фауны.

### ***Постройки***

**Строения** – представляют собой совершенно особые и отчасти новые для живого экологические ниши. Для заселения животными внутренних помещений определяющими факторами являются: наличие специфического источника питания, температурный режим и относительная влажность воздуха.

**Непостоянно отапливаемые жилые дома** характеризуются, прежде всего, частой, относительно сильной изменчивостью температуры в помещении, расположением отапливаемых и неотапливаемых помещений.

**Чердаки.** По своей пространственной структуре чердаки пригодны для гнездования (сизый голубь), отдыха, сна, зимовки (летучие мыши). В свою очередь гнезда птиц и подстилка из экскрементов летучих мышей заселяются многими видами членистоногих. Главной причиной встречаемости доминирующих таксонов являются трофические связи:

- кровь и детрит гнезда: блохи;
- плесень и детрит: ногохвостки, сеноеды;
- останки животных: кожееды, моли;
- экскременты: двукрылые.

**Этажи.** Фауна этажей зависит в первую очередь от наличия пищи, от структуры и расположения комнат. Так, нижние и верхние этажи как правило отличаются повышенной влажностью воздуха, южные комнаты теплее северных.

Экологически фауна этажей подразделяется на следующие группы: вредители запасов, вредители материалов, паразиты человека, паразиты домашних животных, обитатели домашней пыли, обитатели плесени, фауна цветочных горшков и комнатных растений, синантропные двукрылые, пауки, случайно проникающие виды (главным образом через окна, заносимые с почвой на обуви) виды и «фауна холодильников».

**Подвалы.** Присутствие специфических видов животных в подвалах зависит прежде всего от абиотических факторов (темнота, высокая относительная влажность воздуха, устойчивая низкая температура), наличия пищи (хранящиеся продукты питания, дерево и

плесневые грибы), структуры пространства и сравнительно слабых нарушений. Собственно, «подвальными» считаются лишь некоторые виды, остальные заносятся людьми с материалом, используют подвалы для зимовки.

**Постоянно отапливаемые здания.** В экологическом отношении характеризуются, прежде всего, довольно высокой с незначительными колебаниями на протяжении всего года температурой, пониженной в большинстве случаев относительно влажностью воздуха. Переоборудование непостоянно отапливаемых зданий в постоянно отапливаемые влечет за собой глубокие изменения в составе фауны. Например, развитие точильщика *Anobium punctatum* приостанавливается при включении центрального отопления. Постоянно отапливаемые здания с более сухим и теплым микроклиматом благоприятны для поселения жуков-кожеедов, платяной моли, рыжего таракана.

**Внешние стены домов.** Заметно отличается фауна озелененных стен домов от голых стен. В первом случае, среди растительности (виноград, плющ) отмечаются гнездования некоторых видов птиц (снегиря, серой мухоловки), колонии домового воробья. На неозелененных стенах зданий обитают эпилитные виды - обитатели скал, использующие стены зданий как потенциальное убежище. Высокая их численность связана с большим возрастом городов и расширением их территорий. В заполненных раствором швах старых домов поселяются перепончатокрылые. Например, пчела-коллетес, являющаяся вредителем зданий.

**Крыши.** Фауна крыш зависит от их формы (плоская, наклонная), наличия или отсутствия растительного покрова. Особенно богата фауна плоских, покрытых мхом крыш (жуки, клопы, гусеницы бабочек, пауки; иногда гнездится хохлатый жаворонок). Собственный ценоз формируется в желобах крыш, в котором изучены, прежде всего, тихоходки и коловратки. Многочисленны гнезда ос, птиц под выступающими частями крыш.

**Балконы** вследствие наличия на них различных видов растений и определенных пространственных структур могут быть местами концентрации некоторых видов животных. Здесь гнездятся некоторые птицы: домовый воробей, зеленушка, деревенская ласточка, черный дрозд. Балконные растения служат кормом для перепончатокрылых, селящихся в стенах домов. Под цветочными горшками часто встречается уховертка, а в цветочных ящиках зимуют божьи коровки, хлебный трипс. В косяках, перилах гнездится большеголовая оса.

**Складские и некоторые производственные помещения.** Данные типы помещений различаются как по важнейшим абиотическим факторам, так и по наличию пищи, а соответственно и по населяющей их фауне, которая отчасти сходна с фауной жилых домов.

*Хранилища муки и зерна.* Этот тип строений обладает специфичной фауной, включающей высокую долю космополитов и постоянно обогащающейся заносными видами. Некоторые виды насекомых из родов *Sitophilus*, *Trogoderma*, *Ephestia*, и *Sitotroga*, а также ряд их паразитов в природе больше не встречаются.

*Пекарни.* Типичными животными пекарен считаются рыжий и черный тараканы, домовый сверчок, мельничная огневка, комплекс амбарных клещей, различные чернотелки и некоторые щетинохвостки. Например, щетинохвостка термобия домашняя (*Thermobia domestica*) обитает почти исключительно в пекарнях.

### **Застроенные территории**

С точки зрения антропогенной нагрузки можно условно разделить на: городские центры, районы старой застройки, районы новостроек. В первых двух случаях наблюдаются схожие условия: повышенная и относительно устойчивая температура, очень быстрый сток дождевой воды и связанная с этим низкая относительная влажность воздуха. Степень застроенности территории очень велика (свыше 80%), свободная почва как правило сильно эвтрофицирована и засолена. Растительность развита незначительно, преобладают ухоженные газоны, цветочные клумбы, кустарниковые насаждения. Деревья

встречаются обычно отдельными экземплярами, дикорастущие виды почти полностью отсутствуют. Районы новостроек характеризуются крайним положением по отношению к ранее застроенным городским кварталам и более сильным влиянием городских окрестностей. Районы новостроек рассматривают как сукцессии городской фауны. В различных городах здесь сходны сначала свободные экологические ниши, которые быстро заселяются определенными видами. Общие закономерности изменения фауны в городских новостройках (на примере птиц):

- доминируют виды, гнездящиеся на зданиях; они составляют в большинстве случаев свыше 90% общего числа гнездящихся пар;
- по мере развития растительности возрастает количество птиц, размножающихся в природе на кустарниках и деревьях;
- общее число видов, их число на 10 га, число гнездящихся пар и плотность заселения увеличиваются с возрастом района;
- численность некоторых видов (например, хохлатого жаворонка) наоборот, уменьшается, поскольку по мере застройки исчезают оптимальные для них местообитания.

### ***Дороги***

*Асфальтированные дороги* обладают барьерным эффектом по отношению к распространению животных. Четырехрядная дорога – такой же эффективный барьер против распространения мелких млекопитающих, как и водная полоса вдвое большей ширины. Барьерный эффект дороги обусловлен прежде всего следующими причинами:

- изменение важнейших микроклиматических факторов на расстоянии до 30 м с каждой стороны проезжей части;
- структура дороги может действовать как механическая преграда;
- шум, пыль, ночное освещение, выхлопные газы, засоленность почвы обуславливают неблагоприятную экологическую обстановку;
- непостоянство растительности вследствие обработки гербицидами и механических воздействий;
- гибель при пересечении дороги, сдувание потоками воздуха более мелких видов.

*Обочины дорог.* Транспортные выбросы и другие антропогенные факторы оказывают значительное воздействие на фауну обочин, в следствие чего, возникают новые ассоциации – антропогенные зональные зооценозы, характеризующиеся своеобразной структурой сообщества.

*Мощные тротуары, места стоянок транспорта и улицы* бывают предпочтительными местообитаниями для различных жалящих перепончатокрылых, особенно для некоторых видов, обитающих в песке. На некоторые виды благоприятно влияет высокая температура, которая под уличными покрытиями значительно выше, чем в открытом грунте. По сравнению с окружающей местностью здесь наблюдается ускорение развития и более раннее появление насекомых, а иногда частичное образование в течение года второго поколения.

*Железнодорожные сооружения.* Создающиеся специфические условия характеризуются следующими особенностями: антропогенные наслоения камня, гравия, песка с незначительной долей естественной почвы; сильное поверхностное нагревание насыпей; применение солей; локальные загрязнения горючего и смазочного масла; преобладание солеустойчивых однолетников и теплолюбивых многолетников.

**Кладбища.** Отличаются эмоционально-обусловленным отсутствием нарушений, что приводит к появлению некоторых видов и прежде всего позвоночных, высоко видовое разнообразие членистоногих. Биотопы кладбищ отличаются значительными площадями открытого грунта, естественными почвами, но с перемешанными горизонтами, разнообразен растительный покров (наличие хвойных, интродуцентов, кустарников).

Особенности городской среды, откладывающие отпечаток на формирование фауны:

1. Рост урбанизации (нарушение естественного ландшафта, интенсивное потребление природных ресурсов, загрязнение окружающей среды отходами, застройка

пустырей, расширение города за счет поглощения ближайших населенных пунктов, рекреационная нагрузка и т.п.) негативно влияет на животных.

2. На обитание животных в городе значительный отпечаток накладывает островной характер пригодных для их существования биотопов: озелененные пространства, луговины, пустоши, кладбища, поймы рек и ручьев перемежаются заасфальтированными улицами и площадями, транспортными путями и т.п.

3. Еще одна особенность городской среды – наличие множества переходных зон между отдельными биотопами.

4. Особенности формирования городского климата. С одной стороны на жизнедеятельность и распространенность животных, в городах создаются благоприятные условия для обитания определенных типов фауны: температура воздуха в городе на 1-2 °С выше; обилие пищи и значительное количество укрытий для потомства). Но вместе с тем относительная влажность воздуха ниже на 20%; идет загрязнение почвы и воды, имеет место запыленность и загрязненность воздуха, шум, большое количество бродячих кошек и собак. В результате в городе выживают эврибионтные полифаги, обладающие высокой плодовитостью и пластичным поведением.

5. Различный «возраст» отдельных кварталов или застроек, также сказывается на распространенности некоторых видов.

На рисунке 3 схематически показано пути формирования флоры и фауны городов.

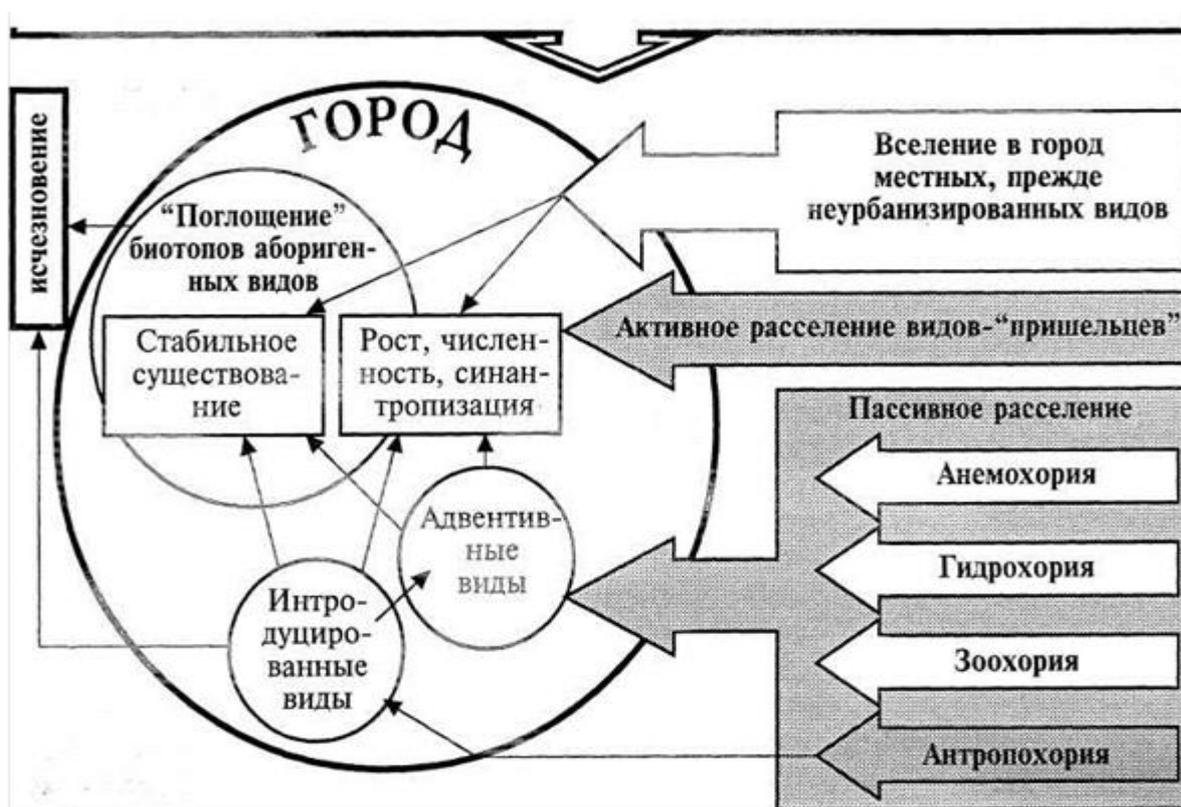


Рисунок 3 - Пути формирования флоры и фауны городов

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины<sup>1</sup>:**

### Основная литература:

1. Городков, Александр Васильевич. Экология визуальной среды : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. (спец.) 280100 - "Природообустройство и природопользование" : рек. УМО / А. В. Городков, С. И. Салтанова, 2013. - 186 с.
2. Ручин, Александр Борисович. Урбоэкология для биологов : учеб. пособие для вузов : допущено Учеб.-метод. об-нием / А. Б. Ручин, В. В. Мещеряков, С. Н. Спиридонов, 2009. - 195 с.
3. И.А. Литвенкова  
Экология городской среды: урбоэкология  
Курс лекций. – Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М.Машерова», 2005 – 163 с.

### Дополнительная литература:

1. Гарицкая М.Ю. Экологические особенности городской среды [Электронный учебник] : учеб. пособие, 2012. - 216 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/177992>
2. Городков А. В. Экология визуальной среды [Электронный учебник] / Городков А. В., Салтанова С. И., 2013. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=4868](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=4868)
3. Ручин, А. Б. Урбоэкология для биологов [Электронный учебник] : [учеб. пособие], 2009. - 196 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/227399>
4. Урбоэкология и мониторинг среды [Электронный учебник] : учеб. пособие / В. В. Кругляк, Н. П. Карташова ; Воронеж. гос. лесотехн. акад. Ч. 2, 2010. - 92 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=4063](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=4063)

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

1. Гарицкая М.Ю. Экологические особенности городской среды [Электронный учебник] : учеб. пособие, 2012. - 216 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/177992>
2. Городков А. В. Экология визуальной среды [Электронный учебник] / Городков А. В., Салтанова С. И., 2013. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=4868](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=4868)
3. Ручин, А. Б. Урбоэкология для биологов [Электронный учебник] : [учеб. пособие], 2009. - 196 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/227399>
4. Урбоэкология и мониторинг среды [Электронный учебник] : учеб. пособие / В. В. Кругляк, Н. П. Карташова ; Воронеж. гос. лесотехн. акад. Ч. 2, 2010. - 92 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=4063](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=4063)

### Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Гарицкая М.Ю. Экологические особенности городской среды [Электронный учебник] : учеб. пособие, 2012. - 216 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/177992>
2. Городков А. В. Экология визуальной среды [Электронный учебник] / Городков А. В., Салтанова С. И., 2013. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=4868](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=4868)
3. Ручин, А. Б. Урбоэкология для биологов [Электронный учебник] : [учеб. пособие],

<sup>1</sup>В рабочие программы вносятся литература из электронного каталога книгообеспеченности по ОП

2009. - 196 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/227399>

4. Урбоэкология и мониторинг среды [Электронный учебник] : учеб.пособие / В. В. Кругляк, Н. П. Карташова ; Воронеж. гос. лесотехн. акад. Ч. 2, 2010. - 92 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4063](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4063)

5. [http://ekolog.org/books/42/13\\_3.htm](http://ekolog.org/books/42/13_3.htm)

## Содержание

Введение.....	3
Общие методические рекомендации по изучению дисциплины.....	4
Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	4
Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся.....	6
Требования к выполнению контрольных работ.....	7
Разделы для контрольной работы.....	8
Контрольные вопросы необходимые для оценки результатов обучения.....	9
Методологические подходы в урбоэкологии.....	10
Урбанизация как мощный экологический фактор.....	11
Своеобразие урбоэкосистем.....	14
Микроклимат городской среды.....	16
Образование «острова тепла».....	16
Города, особенно крупные, имеют свой микроклимат, существенно отличающийся от окружающей среды. На метеорологический режим города влияют следующие факторы:.....	16
Социально-экологические концепции города.....	22
Концепция устойчивого развития городов.....	23
Экология городской среды: история вопроса и перспективы развития городов в будущем.....	24
Урбоэкологическое зонирование региона и агломерации.....	24
Антропогенная нагрузка на почвы в условиях городской среды.....	26
Мероприятия по улучшению и защите почв в условиях городской среды.....	30
Водные объекты городов, их функции.....	31
Источники воздействия на водные объекты в условиях городской среды.....	32
Системы водоотведения и очистки сточных вод.....	35
Экология флоры в условиях городской среды.....	40
Структура зеленых насаждений в городе и их свойства.....	40
Своеобразие флоры урбоэкосистем.....	41
Состояние городских насаждений и факторы, обуславливающие неблагоприятную экологическую обстановку для развития урбанofлоры.....	43
Роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды.....	44

Фитомелиорация городской среды. Принципы создания насаждений в городах и пригородных зонах.....	46
Экология фауны в условиях городской среды .....	48
Структура города как фактор формирования фауны.....	48
Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	53
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:.....	53

Редактор Тесля В.И.

Лицензия ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Подписано к печати 13.03. 2018 г.

Формат 60x84

Тираж 100 экземпляров

Отпечатано на ризографе Иркутского ГАУ

664038, Иркутск, пос. Молодёжный Иркутский ГАУ